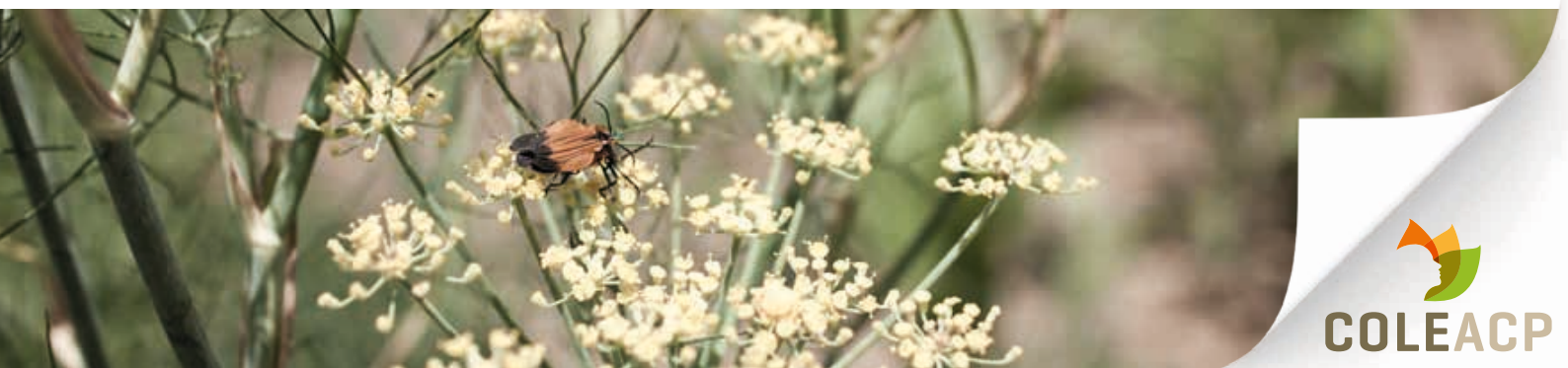


MANUEL

DE FORMATION

- GESTION DE L'ENVIRONNEMENT -

GESTION DE LA BIODIVERSITÉ



Ce manuel de formation a été conçu et réalisé par les services Formation et Information & Communication du COLEACP. Cette publication a été rédigée par Gilles DELHOVE, avec la collaboration de Codjo Emile AGBANGBA, Wilfried BAUDOIN, Laurent GLIN, Valens MULINDABIGWI, Grégoire Mutomb MUTSHAIL, Gora NDIAYE et Claude Arsène SAVADOGO.

La présente publication a été élaborée par le COLEACP dans le cadre de programmes de coopération financés par l'Union européenne (Fonds Européen de développement – FED), l'Organisation des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OEACP), l'Agence française de Développement (AFD) et le Fonds pour l'application des normes et le développement du commerce (STDF).

Le contenu de la présente publication relève de la seule responsabilité du COLEACP et ne peut aucunement être considéré comme reflétant le point de vue officiel de l'Union européenne, de l'OEACP, de l'AFD et du STDF.

Le COLEACP gère deux programmes intra-ACP «Fit For Market». Le programme «Fit For Market», cofinancé par l'UE et l'AFD, qui en est à sa cinquième année, vise à renforcer la compétitivité et la durabilité du secteur horticole des pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP), principalement pour le secteur privé.

Le programme SPS «Fit For Market» a débuté en janvier 2019 et se concentre sur le renforcement des systèmes sanitaires et phytosanitaires (SPS) du secteur horticole des ACP, principalement pour le secteur public.

Les deux programmes font partie du programme indicatif intra-ACP (2014-2020) de coopération entre l'UE et l'OEACP.



GESTION DE LA BIODIVERSITÉ

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE 1 : LA TRANSFORMATION : DÉFIS ET CONTRAINTES DANS LES PAYS ACP | 1 |
| 1.1. Biodiversité : Définition et importance | 2 |
| 1.2. Législations et standards privés | 7 |
| 1.3. Biodiversité et agriculture | 18 |
| 1.4. Menaces pour la biodiversité | 23 |
| 1.5. Impacts des systèmes de production et des pratiques agricoles sur la biodiversité | 28 |
| 1.6. Risques liés à la biodiversité | 59 |
| 1.7. Annexes | 70 |
| | |
| CHAPITRE 2 : MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ (DIVERS NIVEAUX) | 75 |
| 2.1. Biodiversité appliquée à l'échelle d'une exploitation | 76 |
| 2.2. Étendue et niveau de précision de l'évaluation | 87 |
| 2.3. Les indicateurs | 96 |
| 2.4. Les méthodes d'évaluation de la biodiversité | 112 |
| 2.5. Conclusions et recommandations | 151 |
| 2.6. Annexes | 153 |
| | |
| CHAPITRE 3 : SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES FOURNIS PAR LA BIODIVERSITÉ | 197 |
| 3.1. La biodiversité sauvage | 198 |
| 3.2. La biodiversité domestique | 207 |
| 3.3. La biodiversité paysagère | 216 |
| 3.4. Liens entre la biodiversité et les autres éléments | 222 |

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE 4: PRÉSERVATION ET RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ | 235 |
| 4.1. Aménagements et pratiques culturelles favorisant la biodiversité | 236 |
| 4.2. Comment assurer ou améliorer la biodiversité domestique dans les exploitations | 239 |
| 4.3. Comment favoriser la biodiversité sauvage dans les exploitations | 263 |
| 4.4. Aménagements et pratiques favorables plus particulièrement à la biodiversité sauvage para-agricole | 288 |
| 4.5. Aménagements et pratiques favorables à la biodiversité sauvage para-agricole du sol | 294 |
| 4.6. Comment préserver la biodiversité des espaces se trouvant à proximité de l'exploitation | 303 |
| 4.7. Autres aménagements du territoire à finalités diverses ayant également un impact positif sur la biodiversité | 305 |
| CHAPITRE 5: ÉTUDE DE CAS | 309 |
| 5.1. Introduction | 310 |
| 5.2. Partie 1 : Mise en situation | 312 |
| 5.3. Partie 2: Montage du plan de réalisation de l'évaluation de la biodiversité au niveau de l'exploitation | 319 |
| 5.4. Partie 3: Évaluation globale et identification des lacunes au niveau de la biodiversité | 346 |
| 5.5. Partie 4: Améliorations proposées | 364 |
| 5.6. Partie 5: Plan d'actions | 394 |
| ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES | 409 |
| GLOSSAIRE | 411 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 421 |
| SITES WEB UTILES | 431 |

Chapitre 1

La transformation: défis et contraintes dans les pays ACP

| | |
|---|----|
| 1.1. Biodiversité: Définition et importance | 2 |
| 1.2. Législations et standards privés | 7 |
| 1.3. Biodiversité et agriculture | 18 |
| 1.4. Menaces pour la biodiversité | 23 |
| 1.5. Impacts des systèmes de production et des pratiques agricoles sur la biodiversité | 28 |
| 1.6. Risques liés à la biodiversité | 59 |
| 1.7. Annexes | 70 |

1.1. BIODIVERSITÉ : DÉFINITION ET IMPORTANCE

1.1.1. Qu'est-ce que la biodiversité ?

Étymologiquement, le mot biodiversité est composé du préfixe « Bio » qui signifie la vie et du suffixe « diversité » qui désigne la variété. La biodiversité ou la diversité biologique est donc la variété incroyable des êtres vivants dans la nature et comment ils interagissent les uns avec les autres (Ainsworth *et al*, 2013). En d'autres termes, la biodiversité est la variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques dont ils font partie, y compris la diversité au sein des espèces (diversité génétique), entre espèces (diversité spécifique) et des écosystèmes (diversité des milieux).

Encadré 1 : Définition et origine du mot « biodiversité »

Thomas E. Lovejoy, spécialiste de l'Amazonie, semble être le premier à avoir utilisé, en 1980, le terme de « diversité biologique », devenu « biodiversité » par un raccourci venu de l'anglais (Biological diversity = Biodiversity), forgé par Walter G. Rosen en 1985.

i Plus récemment Edward O. Wilson (2000) a proposé la définition suivante :

« La biodiversité est la diversité de toutes les formes du vivant. Pour un scientifique, c'est toute la variété du vivant étudié à trois niveaux : les écosystèmes, les espèces qui composent les écosystèmes et, enfin, les gènes que l'on trouve dans chaque espèce ». Ainsi, la biodiversité se trouve définie à trois niveaux celui des espèces, des écosystèmes et des gènes.

Source : (IBIS 2009)

La conférence de Rio de Janeiro de juin 1992 a été entièrement consacrée à ce nouveau concept : Biodiversité. La « Convention sur la Biodiversité » qui en est issue, a été signée par plus de 150 pays. L'article 2 de cette convention définit la biodiversité comme : « Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (Convention sur la Diversité Biologique, 1992. Page 3).

Cette définition, reconnue par le droit international, englobe différents niveaux selon les auteurs dont :

- la diversité des gènes (ou génétique)
- la diversité des espèces (ou spécifique) ;
- la diversité des écosystèmes (ou des milieux).

Autrement dit, la biodiversité ne concerne pas uniquement la diversité des animaux, des plantes et des champignons (diversité des espèces) mais elle englobe également la diversité des races ou variétés d'une même espèce (diversité des gènes) et la diversité des habitats naturels (diversité des écosystèmes). Les organismes

vivants n'existent pas uniquement pour eux seuls. À plusieurs, ils forment des écosystèmes dans lesquels ils s'influencent mutuellement et sont dépendants les uns des autres. L'homme fait lui aussi partie de cette biodiversité, et il dépend de la diversité de la vie (Pro Natura 2010).

BIODIVERSITÉ

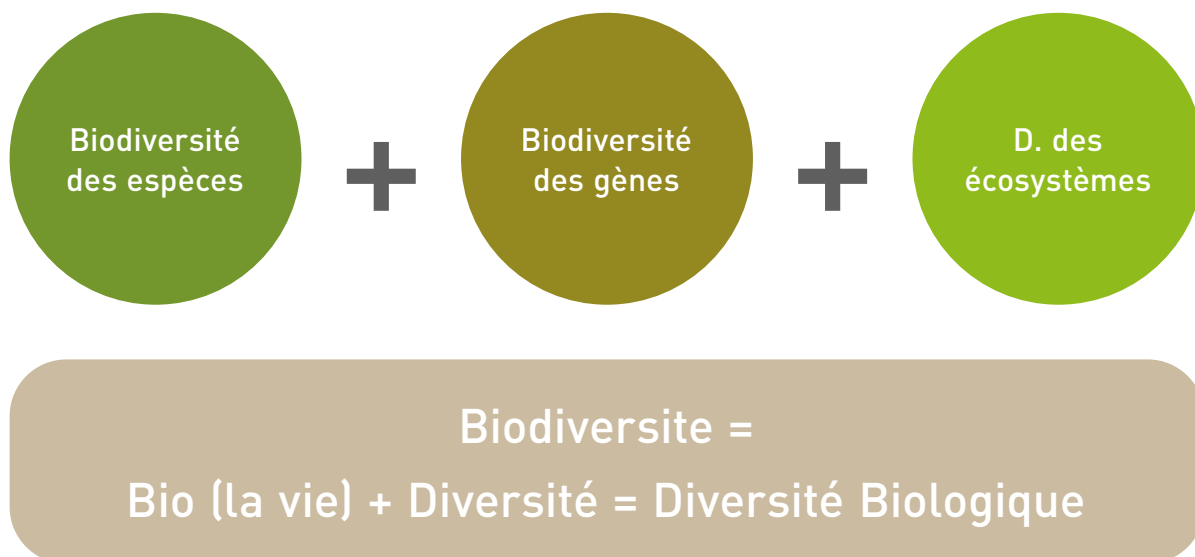


Figure 1 : Les composantes de la biodiversité
Source : Synthèse auteurs et (Tech&bio, 2015)

1.1.2. Quelques arguments en faveur de la biodiversité

Les progrès de l'industrialisation du XIX^{ème} siècle, la forte croissance démographique et la consommation de masse qui en est découlée ont et continuent à éroder vertigineusement la biodiversité dans le monde entier. La perte en diversité subie par les populations d'espèces sauvages est de plus en plus préoccupante, puisqu'elle s'élève en moyenne à 58% depuis 1970 et devrait atteindre 67% d'ici la fin de la décennie (Rapport planète vivante 2016). Dans le monde, 25% des mammifères connus sont menacés d'extinction, 11% des oiseaux, 17% des végétaux (IBIS, 2009:6). Le directeur de la section biodiversité du PNUE, Neville Ash, en octobre 2012 déclare : «La biodiversité n'a jamais été dans un si mauvais état et elle continue à décliner»

Les États, et les organisations non gouvernementales nationales et internationales ayant pris conscience de la situation, ont initié plusieurs actions, projets et programmes en faveur de la biodiversité. Depuis la conférence de Rio 1992, plusieurs argumentaires se sont développés en faveur de la diversité biologique. De multiples raisons justifient le bien-fondé de la conservation de la biodiversité. Ces raisons se basent essentiellement sur l'importance que revêt la diversité biologique pour la durabilité de la vie sur terre en général et de la vie humaine en particulier.

En effet, la biodiversité est la base de toute vie. Elle offre protection, nourriture et support aux êtres vivants dont les humains. Un argumentaire élaboré par Pro Natura en 2010 aborde neuf (09) points qui démontrent l'utilité de la diversité des espèces pour l'Homme.

1. La biodiversité contribue au bien-être de l'Homme
2. La biodiversité protège la santé de l'Homme
3. La biodiversité favorise l'innovation technique
4. La biodiversité assure l'alimentation de l'Homme
5. La biodiversité exploite plus efficacement les ressources naturelles
6. La biodiversité protège contre l'érosion
7. La biodiversité assure l'avenir de la forêt
8. La biodiversité fonctionne comme une assurance
9. La biodiversité a une immense valeur financière

L'espèce humaine par ses aptitudes à influencer la nature, a une responsabilité toute particulière à l'égard de la biodiversité. Ainsi, le devoir de l'Homme de préserver et de restaurer la biodiversité repose sur des considérations à la fois éthiques, physiologiques et économiques.

Du point de vue **éthique**, préserver et restaurer la biodiversité est un devoir moral. En effet, tout être vivant a fondamentalement droit à la vie. Sachant que la biodiversité actuelle a mis des milliards d'années à se constituer, l'Homme se doit d'éviter de la détruire par des actions anthropiques. Ce faisant, il se montre respectueux de la base vitale de tous les êtres vivants tout en œuvrant pour son propre développement. Le rapport Brundtland promeut ce type de développement. Il s'agit du développement durable qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Du point de vue **physiologique**¹, la biodiversité est une ressource essentielle. Elle est d'ailleurs la plus importante puisqu'elle est la base même de notre existence. Elle traduit l'interdépendance des êtres vivants du monde animal et végétal dans le cycle de la vie sur la planète. Elle influe sur la fertilité des sols et des plantes utiles à notre survie (pollinisation des fleurs, lutte naturelle contre les mauvaises herbes et les parasites), sur le climat, le régime hydrique et la qualité de l'eau qui nous est vitale. Aussi, les substances animales et végétales constituent-elles la base de nombreux médicaments.

Du point de vue **économique**, la biodiversité constitue une valeur immense. L'économie, en particulier le tourisme et l'agriculture, dépend de la variété de la nature. Par exemple, on estime que le delta de l'Okavango, dans le sud de l'Afrique, génère 32 millions de dollars par an au profit des populations locales du Botswana, grâce à l'utilisation des ressources naturelles du delta et grâce au commerce et aux revenus provenant de l'industrie touristique. La production économique totale des activités liées à la présence du delta est estimée à plus de 145 millions de dollars,

1

Qui concerne le fonctionnement interne et externe d'un organisme vivant.

soit environ 2,6 % du produit national brut du Botswana. La diversité génétique rend possible l'élevage d'animaux de rente et la culture de plantes adaptées à leur milieu de croissance permettant d'obtenir de bons rendements.

Le dernier point des neuf arguments de Pro Natura, 2010 soulève un aspect largement abordé dans la littérature : celui des services écosystémiques. Les services écosystémiques sont les bénéfices que retirent les individus à partir de l'écosystème (MEA, 2005). Les auteurs ont effectué une classification en 4 grands groupes :

- i. Services d'approvisionnement : ce sont les produits issus des écosystèmes
- ii. Services de régulation : il s'agit des bénéfices provenant de la régulation des processus écosystémiques
- iii. Services culturels : ce sont les bienfaits non matériels que les êtres humains retirent des écosystèmes
- iv. Services de soutien : ce sont les services nécessaires à la production de l'ensemble des autres services écosystémiques.

Cette dernière catégorie se diffère des trois premières par le fait que ses effets sur les hommes sont soit indirects soit apparaissent sur de longues périodes de temps. Ainsi, certains services tels que le contrôle de l'érosion peuvent être caractérisés aussi bien comme «soutien» ou «de régulation» en fonction de l'échelle de temps des effets de ses changements sur les êtres humains.



Figure 2 : Les services écosystémiques
Source : (Rapport planète vivante 2016)

La figure ci-dessous résume l'étroite relation entre les services écosystémiques et le bien-être de l'Homme. La diversité biologique soutient la prestation de services fournis par les écosystèmes qui maintiennent les conditions nécessaires à la vie sur Terre. En effet, une perte de diversité conduit à des changements dans la fourniture efficiente et efficace des services de soutiens. Ces changements se répercutent sur les autres catégories de services (approvisionnement, régulation et culturel). Ces derniers étant négativement affectés, induisent des impacts socioéconomiques nocifs au bien-être de l'homme.

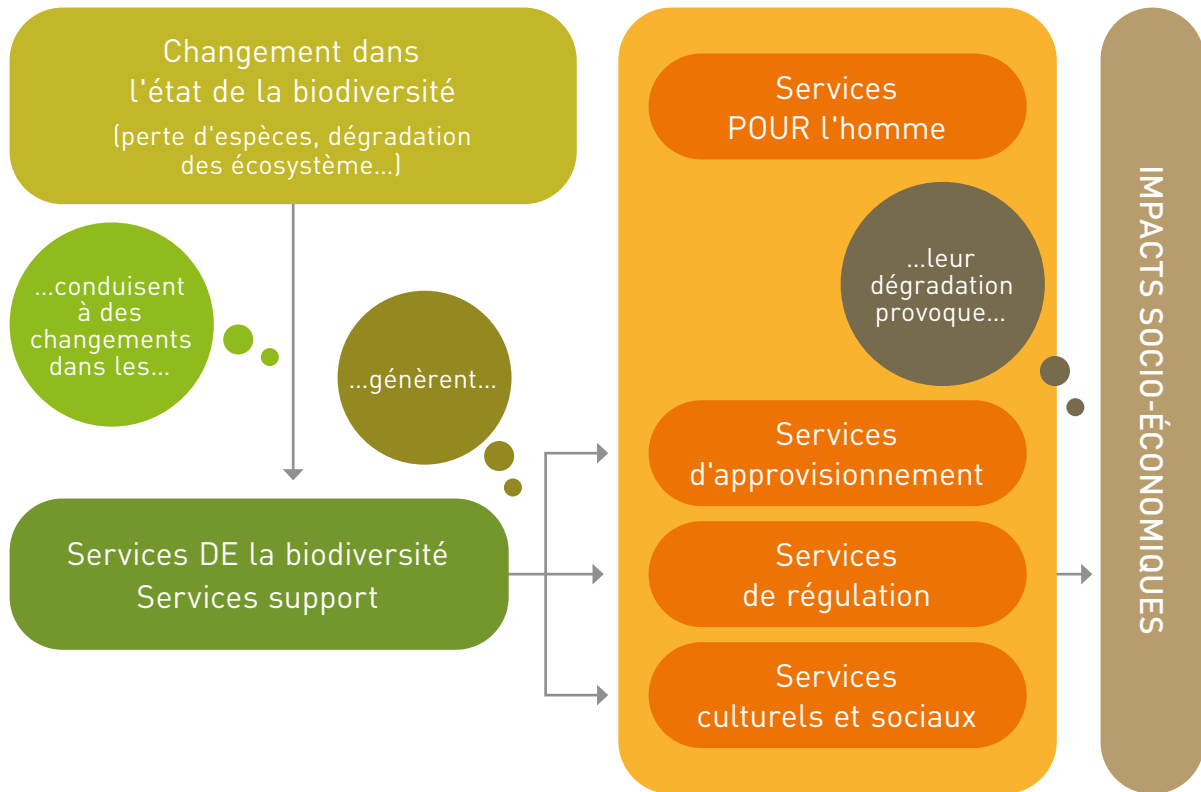


Figure 3: Relation entre les services écosystémiques et le bien-être de l'Homme
 Source : http://www.kiagi.org/assets/pdf/pdf_229.pdf

1.2. LÉGISLATIONS ET STANDARDS PRIVÉS

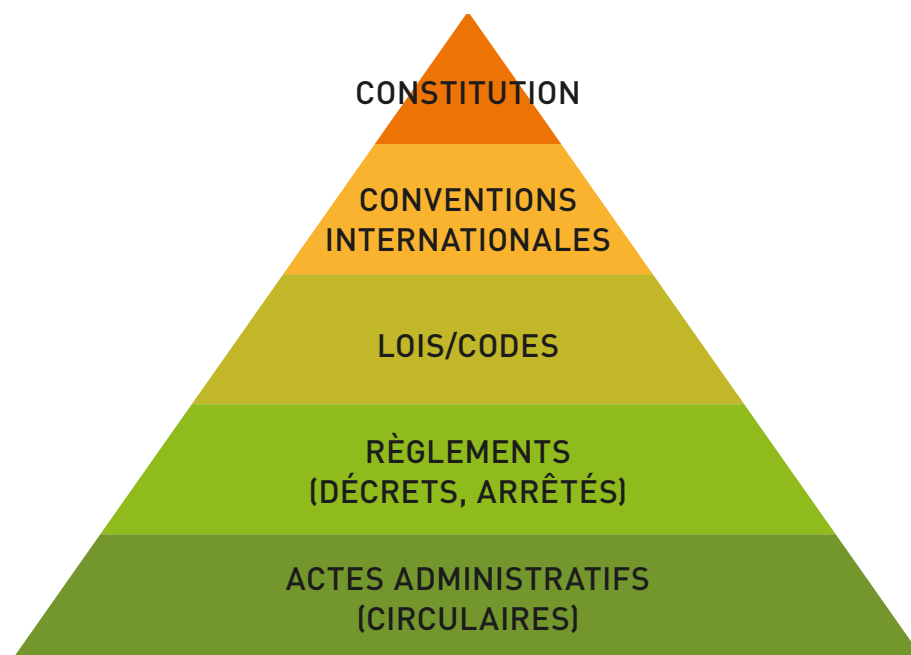


Schéma d'illustration de la hiérarchie des textes juridiques et réglementaires sur la protection des espèces sauvages et des milieux naturels

1.2.1. Cadre général

Dans les pays ACP il existe un cadre juridique et réglementaire régissant la protection des espèces sauvages et les milieux naturels. En effet, la plupart de ces pays ont signé et ratifié la majorité des conventions internationales relatives à la protection de l'environnement et singulièrement la convention sur la diversité biologique. Toutefois, la mise en œuvre des textes juridiques et réglementaires se heurte aux difficultés diverses pour que la protection des espèces sauvages et des milieux naturels soit effective et durable. Le cadre juridique et réglementaire est principalement défini par la constitution, les conventions internationales, les lois ou codes et les actes réglementaires et administratives.

L'adhésion des pays ACP aux différentes conventions en rapport avec la protection des espèces sauvages et les milieux naturels ont conduit à ce que ces pays adoptent des lois et des textes réglementaires créant ainsi un cadre juridique et réglementaire susceptible de faciliter la mise en œuvre de ces conventions. Ces conventions sont notamment :

- Convention sur la diversité biologique ou la Convention de Rio.
- Convention du patrimoine mondial culturel et naturel (de l'UNESCO).
- Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau (Convention de Ramsar).
- Convention relative à la protection des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (Convention de Bonn).

- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (ou Convention de Washington).
- Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (Convention d'Alger).
- Convention de Nairobi sur la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est.

Dans chaque pays des lois, ordonnances, décrets et des arrêtés existent pour la mise en pratique de chaque convention supra-mentionnée. Le tableau suivant en donne quelques exemples pour le Madagascar. Au-delà des lois et textes réglementaires, plusieurs pays ACP ont mis en place des stratégies relatives à la protection et à la restauration de la biodiversité. C'est le cas par exemple du Burkina Faso qui s'est doté de ses « **Stratégies de conservation de la biodiversité au Burkina Faso²** » qui servent de guide pour tout projet et toute activité de protection et de restauration de la biodiversité.

Exemples de lois et textes réglementaires relatifs à la biodiversité à Madagascar

| Conventions | Lois | Textes réglementaires ³ |
|---|---------------------|------------------------------------|
| Convention sur la Diversité Biologique (CDB) | loi 1995-013 | décret 1995-695 |
| Convention de Ramsar | loi 1998-003 | décret 1998-261 |
| Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction (CITES) | ordonnance 1975-014 | décret 2005-848 |
| Convention de Nairobi sur la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est | loi 1998-004 | décret 1998-260 |
| Convention d'Alger | Loi 1970-004 | |

Notons que la protection des espèces sauvages et des milieux naturels existait bien aussi avant l'introduction de la législation moderne. Dans les sociétés traditionnelles, il existait des méthodes et rites de protection de l'environnement qui étaient très efficaces.

2 https://www.uni-frankfurt.de/47621090/BF_09.pdf

3 À côté des décrets définissant la mise en œuvre des conventions internationales, il existe d'autres décrets qui contribuent énormément à la protection et la restauration de la biodiversité. Il s'agit notamment des décrets portant sur la création et la gestion des aires protégées (ex.: décret 2005-848).

Au Nord-Ouest du Bénin (Commune de Copargo, Arrondissement Anandana), dans le temps il y avait des arbres qu'on ne coupait jamais puisqu'ils attiraient la pluie selon la population. Dans l'ancien Rwanda, il existait environ 18 clans dont l'appartenance avait une grande implication sur la protection de l'environnement. En effet, chaque groupe clanique avait une espèce animale à protéger. Ceci existe toujours dans plusieurs communautés africaines et dans les comportements de certains africains⁴.

À Zinvié (Commune d'Abomey-Calavi) au Bénin, une ONG locale a bien réussi la préservation de la biodiversité en intégrant dans son approche de travail les croyances et les rites traditionnels notamment les cérémonies autour des fétiches installés dans les formations végétales afin de protéger aussi bien les espèces animales que les espèces végétales. Souvent ce genre d'approche fonctionne plus efficacement que l'approche basée uniquement sur la législation.

1.2.2. Conventions relatives aux ressources animales et à la faune

Les conventions mentionnées plus haut concernent aussi bien les espèces animales que leurs habitants respectifs. Dans le cadre de la convention sur la diversité biologique une liste d'espèces animales protégées a été établie et est constamment actualisée. Chaque pays, et en l'occurrence les pays ACP, ayant signé et ratifié la convention sur la diversité biologique est tenu à mettre en place des textes juridiques et réglementaires afin d'assurer la protection des ressources animales et leurs habitats. La plupart de ces textes semblent concerner les espèces animales qui sont dans les réserves naturelles ou parcs nationaux et rarement sur les espaces cultivés ou habités. Les animaux des réserves naturelles ou des parcs nationaux qui dépassent les frontières de ces milieux et se retrouvent sur les espaces cultivés ou habités sont rarement protégés malgré la législation. Malgré une forte pression démographique sur les terres, les pays ACP se sont dotés des lois pour stopper l'extension des superficies agricoles, la chasse ou le braconnage, les feux de brousse ou le pâturage au détriment des habitats naturels des espèces animales sauvages. C'est le cas du Rwanda et de la RDC qui disposent de textes juridiques et réglementaires pour la limitation du Parc des Virunga. Le Bénin a quant à lui adopté la loi n°87-014 du 21 septembre 1987 et l'ordonnance n° 4 du 16 janvier et la loi N°2002-016 du 18 octobre 2004 portant régime de la faune en République du Bénin pour protéger 43 espèces animales dont 19 mammifères, 9 reptiles et 15 oiseaux (MEPN et UNDP, 2009). D'autres textes juridiques et réglementaires existent (Annexe I). À l'instar du Bénin, d'autres pays ACP disposent également de textes juridiques et réglementaires similaires.

4 Alors qu'un participant à un atelier voulait tuer une araignée qu'il venait de trouver dans la salle, son voisin venant du Cameroun lui empêcha de la tuer puisque c'est son totem. Le camerounais a pris soin de sortir l'araignée dans la tranquillité jusqu'au jardin de l'hôtel.

1.2.3. Conventions relatives aux ressources végétales et à la flore

Une série de conventions internationales relatives à la protection des espèces animales ont été signées et ratifiées par des pays ACP. Ces conventions visent aussi bien les espèces animales que leurs habitats respectifs. La convention sur la diversité biologique ou la convention de Rio de 1992 insiste sur la protection des écosystèmes et des habitats.

La mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique, et particulièrement en ce qui concerne la protection des ressources végétales, requiert des lois et des règlements au niveau de chaque pays. Par exemple au niveau du Bénin, le pays s'est doté d'une loi-cadre sur l'environnement et d'autres lois notamment le code foncier, le code de l'eau. Concernant particulièrement les espèces végétales, le décret n°96-271 du 2 juillet 1996 portant application du régime forestier contient une liste d'une cinquantaine d'espèces forestières protégées par la législation du Bénin. Ces espèces se trouvent aussi bien sur les espaces naturels que sur les espaces cultivés ou en jachère (néré, karité, etc...). La mise en œuvre d'autres conventions en rapport avec la protection des ressources végétales, des écosystèmes et des habitats au Bénin (Parc W, Parc Pendjari, Réserve biosphère transfrontalière Mono entre le Togo et le Bénin), au Rwanda (Parc Akagera, Parc de Nyungwe, Parc des Virunga) ont permis de réduire l'extension des superficies agricoles au détriment desdites ressources. À Madagascar, plusieurs lois et règlements visent la protection et la gestion des espèces. La faune sauvage de Madagascar a été subdivisée en espèces protégées, espèces nuisibles et gibiers (décret 2006-400). Par ailleurs, le décret 1993-022 interdit de capturer et de tuer tout mammifère marin y compris les baleines et les dauphins sur l'ensemble du territoire de Madagascar (Rakotoarivelo, A. R., 2011).

1.2.4. Conventions relatives aux ressources en eau

La gestion efficace des ressources en eau contribue substantiellement à la préservation et à la restauration de la biodiversité. La gestion intégrée des ressources en eau est dans la plupart des pays ACP soutenue par un cadre juridique permettant de mettre en place notamment des plans d'actions pour la gestion intégrée des ressources en eau. Outre la convention sur la diversité biologique, plusieurs autres conventions concourent à la gestion efficace des ressources en eau et partant à la préservation de la biodiversité. C'est le cas notamment de la convention des nations unies sur la lutte contre la désertification. L'approche de gestion intégrée des ressources en eau basée sur la gestion des bassins versants fait intervenir différents acteurs au niveau régional, national et local. Des textes juridiques et réglementaires sont indispensables pour s'assurer d'une réussite durable des mesures adoptées. Ainsi par exemple, le Bénin s'est doté en 2010 du code de l'eau, le Rwanda a adopté la Loi n°2013-43 du 16 juin 2013 portant le régime foncier. D'autres textes juridiques et réglementaires existent, en voici quelques exemples pour le cas du Bénin (Annexe I). À l'instar du Bénin, d'autres pays ACP disposent également de textes juridiques et réglementaires similaires.

1.2.5. Conventions relatives aux ressources en terres

Tout comme pour les ressources en eau, la gestion efficiente des ressources en terres constitue un des éléments clés pour la préservation ou la restauration de la biodiversité. La terre et l'eau sont des éléments centraux pour la biodiversité. La pression démographique sur les terres qui ne cesse d'accroître occasionne la dégradation des terres qui impacte négativement la biodiversité. Des efforts au niveau international, national et local sont multiples et visent particulièrement à conserver et à réhabiliter la fertilité des sols. C'est dans ce cadre que notamment la convention des nations unies sur la lutte contre la désertification a été adoptée par les pays ACP. La mise en œuvre de cette convention nécessite un cadre juridique approprié. Les lois foncières constituent une condition indispensable pour sécuriser le foncier et faciliter la gestion durable des terres. L'adoption d'autres conventions internationales concourt également à la gestion efficiente des ressources en terres. Il s'agit entre autres de la convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau (Convention de Ramsar) et de la Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (Convention d'Alger). Quelques exemples de lois et décrets du Bénin sont en annexe (Annexe I). Dans d'autres pays ACP des textes juridiques et réglementaires similaires y existent ou y peuvent être adoptés.

1.2.6. Conventions relatives aux milieux naturels

Les milieux naturels sont généralement confondus aux réserves ou parcs naturels rigoureusement protégés par des lois et reconnus par des États ou des institutions internationales. C'est le cas du Parc des Virunga reconnu par la législation de la RDC, du Rwanda et de l'Ouganda et pour lequel l'Union Européenne par sa résolution 2015/2728(RSP) du 17 décembre 2015 insiste sur la nécessité et l'importance de sa protection. La plupart de ces milieux sont protégés par des lois depuis la période coloniale (Parc des Virunga, Forêt Naturelle de Nyungwe au Rwanda etc...). Les lois ont été à plusieurs reprises amendées pour les adapter au contexte socio-économique. Par contre d'autres milieux naturels ne sont régis d'aucune loi spécifique délimitant par exemple leurs contours. Ici un schéma directeur d'aménagement du territoire contribuerait à limiter la dégradation des milieux naturels.

Malgré la pression démographique importante sur les terres, les milieux naturels protégés par les lois ont pu faire face à l'extension des superficies agricoles, à l'exploitation forestière, à la chasse et à d'autres activités anthropiques. Ils sont souvent sujets de conflits entre le droit coutumier et le droit moderne qui dans certains pays cohabitent toujours. Ainsi par exemple les espaces autour du fleuve Ouémé au Bénin sont revendiqués comme propriétés collectives par les populations riveraines alors que le code foncier les place dans le patrimoine de l'État. Toute initiative d'aménagement, de gestion ou de préservation de ces espaces doit d'abord passer par un dialogue entre l'État et la population. Les zones naturelles humides qui ne sont pas des sites de RAMSAR sont rarement protégées par la législation. C'est ainsi que la déforestation des mangroves est en croissance continue

et rapide. Il existe quelques espaces privés où des initiatives de collectivités, d'ONGs et de personnes privées permettent de préserver la biodiversité. La législation des pays membres de l'ACP devrait pouvoir prendre en ces milieux pourtant très bien protégés.

1.2.7. La COP Biodiversité

La conférence mondiale sur la biodiversité connue comme la conférence des parties (COP) sur la diversité biologique est l'organe directeur de ladite convention. Elle veille sur la mise en œuvre des décisions des COP précédentes. Les 196 Parties sont les États ayant adhéré à la convention sur la diversité biologique. Alors que la Convention sur la diversité biologique est entrée en vigueur le 29 décembre 1993, la première COP a eu lieu du 28 novembre au 9 décembre 1994 dans les Bahamas. Depuis 2000, la COP se tient une fois tous les deux ans. Les thèmes discutés sont variés et changent d'une COP à une autre.

1.2.8. Gouvernance de la biodiversité

La gouvernance de la biodiversité sous-entend l'intégration de la biodiversité dans les politiques, stratégies, plans d'actions, programmes et projets de développement aussi bien au niveau national qu'au niveau local. Elle fait intervenir plusieurs acteurs de différentes institutions ou structures. Souvent la définition des attributions des institutions ou structures devant veiller à la mise en œuvre des mesures de préservation et de restauration de la biodiversité ne précise suffisamment pas les limites de compétences de chaque structure ou institution. Ainsi par exemple, il n'est pas rare de constater des conflits d'intérêt entre le ministère en charge de l'agriculture et celui en charge de l'environnement quant à la gestion durable des terres, chacun revendiquant son rôle et sa compétence dans ce domaine.

La préservation et la restauration de la biodiversité se concrétisent particulièrement au niveau local où les actions effectives sont mises en œuvre. L'implication des acteurs locaux nécessite un cadre juridique approprié afin d'éviter notamment les conflits d'intérêts ou les doublages d'efforts. Dans la plupart des pays ACP, les lois sur la décentralisation définissent clairement les compétences de l'autorité locale entre autres en ce qui concerne le développement local et la protection de l'environnement. Ainsi par exemple au Bénin l'environnement est un droit constitutionnel que les collectivités locales doivent veiller à leur mise en œuvre au niveau local.

Une fois qu'un cadre juridique et réglementaire existe et que les structures ou institutions pour la préservation ou la restauration de la biodiversité sont en place, un outil de planification et de mise en œuvre des aménagements est indispensable. Communément appelé «*Schéma Directeur d'Aménagement du Territoire*» dans certains pays, cet outil est d'une importance capitale pour la préservation de la biodiversité s'il est effectivement utilisé lors de la planification et de l'exécution des différents programmes, projets et activités. Son absence ou le manque de sa prise en compte

conduit sans aucun doute à des conséquences néfastes dont la dégradation des terres et partant l'érosion de la biodiversité (ex. extension des superficies agricoles ou de l'urbanisation au détriment des niches écologiques).

La mise en œuvre des textes législatifs et réglementaires et des politiques, stratégies, plans d'actions, programmes et projets relatifs à la préservation de la biodiversité rencontre plusieurs difficultés parmi lesquelles figurent :

- l'usage d'influence,
- la politisation de l'administration à outrance,
- l'inadéquation des textes,
- l'analphabétisme,
- la méconnaissance des textes,
- les considérations exclusivement économiques sans celles écologiques,
- l'insuffisance des capacités humaines et financières etc...

Dans un grand nombre de pays ACP, ces contraintes entretiennent une gouvernance caractérisée particulièrement par une absence de compétitivité en termes **d'efficacité** (résultats conséquents avec les ressources utilisées) et **d'efficacités** (résultats répondant aux objectifs).

1.2.9. Exigences des standards privés

Le développement des filières agricoles respectueuses de l'environnement et du social prend de plus en plus de l'ampleur grâce surtout à la certification biologique et à celle du commerce équitable. Cependant, les modes de certification n'intègrent pleinement pas la préservation et la restauration de la biodiversité.

Des efforts en cours visent particulièrement à arriver à une écolabélisation des produits des chaînes de valeur agricoles. Celle-ci consiste à inciter les consommateurs à accepter de payer une prime pour les externalités environnementales positives sur la biodiversité au travers de normes privées (standards volontaires). Les normes privées permettent à l'exploitant agricole d'intégrer au quotidien les enjeux de la biodiversité pour améliorer la performance de son exploitation. Djama (2011) fait constater que la définition des bonnes pratiques repose de plus en plus sur des partenariats entre acteurs privés. Bien que des avancées pour la mise en œuvre des différentes conventions relatives à la préservation de l'environnement et singulièrement de la biodiversité soient notables dans les pays ACP, la mise en place d'outils tels que la certification pour l'écolabélisation nécessite encore un cadre juridique approprié voire même contraignant. Ce cadre devrait permettre à ce que les externalités des systèmes de production agricoles sur la biodiversité soient sanctionnées (cas d'externalités négatives) ou récompensées (cas d'externalités positives).

1972-1998
Normes durables
multisectorielles

- International Federation of Organic Agriculture Movements (agriculture biologique) 1972
- Fairtrade Labelling Organisation (commerce équitable) 1997
- Social Accountability International (conditions de travail) 1997
- Sustainable Agriculture Network (agriculture durable) 1997
- Global Reporting international (reporting d'entreprises) 1997
- Ethical Trade Initiative (conditions de travail) 1997

1993-2006
Normes durables
sectorielles

- Forest Stewardship Council (forêts) 1993
- Marine Stewardship Council (pêche) 1997
- Ethical Tea Partnership (thé) 1997
- Flower Label Programme (fleurs coupées) 1998
- Marine Aquarium Council (poissons et ornements d'aquarium) 1998
- Programme for the Endorsement of Forest Certification (forêts) 1999
- Roundtable on Sustainable Palm Oil (huile de palme) 2003
- Common Code for the Coffee Community (café) 2004
- Roundtable on Responsible Soy (soja) 2005
- Better Sugarcane Initiative (canne à sucre) 2005
- Better Cotton Initiative (coton) 2006
- Roundtable on Sustainable Biofuel (agrocarburant) 2006

2006-2010
Méta normes

- ISEAL Alliance (procédures de standardisation et d'accréditation) 2003
- ISO 26000 (procédures de RSE) 2010

Figure 4 : L'évolution des normes privées volontaires multi-parties prenantes
Source : Djama, M. 2011⁵

5 Djama, M. (2011). Articuler normes volontaires privées et réglementations publiques ; CIRAD, La recherche agronomique pour le développement in Madagascar conservation & development, volume 6, issue 1-june 2011 ; 4 p.

Des initiatives existent qui visent la prise en compte de la biodiversité dans les marques, labels et certifications des productions agricoles et de l'industrie agroalimentaire, C'est le cas du projet européen Life Biostandards⁶ - La biodiversité dans les marques et labels du secteur agroalimentaire (Chap. 2). Fétiveau, J. et al (2014) fait remarquer que «*Bien que la prise en compte de la biodiversité par les écolabels soit très variable et ses impacts réels souvent difficiles à établir faute de suivi-évaluation approprié, la certification est un instrument qui peut intervenir comme un levier efficace dans la mise en œuvre des normes environnementales et de mécanismes reposant sur l'écoconditionnalité, jusque dans les pays affichant de faibles standards en matière de gouvernance, comme le montre les progrès significatifs de la certification FSC en Afrique centrale. Instrument «privé» par excellence, la certification peut (i) contribuer à faire évoluer les normes publiques, (ii) les compléter, (iii) être encouragée par les politiques publiques (politiques d'achat public préférentiel, y compris dans les pays producteurs eux-mêmes, avec une baisse des taxes pour les entreprises certifiées)*».

Plusieurs standards pour la préservation ou la restauration de la biodiversité ont été définis. L'Alliance Climat, Communauté et Biodiversité (CCBA: Climate, Community and Biodiversity Alliance) a développé des standards en rapport avec le climat, les communautés et la biodiversité.

Concernant particulièrement les standards pour la biodiversité, **pour toute activité agricole il faudrait pouvoir décrire les conditions initiales de biodiversité sur la parcelle ou dans la zone et les changements attendus selon le scénario d'utilisation des terres en l'absence de ladite activité.** Pour quantifier les impacts positifs de l'activité ou du projet, les indicateurs suivants ont été retenus :

1. Appliquer des méthodologies adaptées pour estimer l'évolution de la biodiversité, y compris une évaluation des impacts anticipés et réels, positifs et négatifs, directs et indirects, résultant des activités du projet selon le scénario avec projet, dans la zone du projet et pendant toute sa durée de vie. Cette estimation doit s'appuyer sur des hypothèses bien définies et défendables.
2. Démontrer que les impacts nets du projet sur la biodiversité dans la zone du projet sont positifs par rapport aux conditions de la biodiversité selon le scénario d'utilisation des terres en l'absence du projet.
3. Décrire les mesures requises et prises pour atténuer les impacts négatifs sur la biodiversité et toutes les mesures requises et prises pour préserver ou renforcer les éléments de haute valeur pour la conservation conformément au principe de précaution.
4. Démontrer qu'aucun élément de haute valeur pour la conservation ne subit un impact négatif du projet.

6 <https://solagro.org/life-biostandards--la-biodiversite-dans-les-marques-et-labels-du-secteur-agroalimentaire-reference-84>

5. Identifier toutes les espèces utilisées par le projet et montrer qu'aucune espèce envahissante connue ne sera introduite dans une zone concernée par le projet et qu'aucune population d'espèces envahissantes n'augmentera à cause du projet.
6. Décrire les effets négatifs potentiels des espèces non natives utilisées par le projet sur l'environnement de la région, notamment les impacts sur les espèces natives et l'introduction ou la facilitation des maladies. Justifier la préférence accordée à une espèce non native par rapport à une espèce native.
7. Garantir qu'aucun OGM n'est utilisé pour générer des réductions d'émissions ou des absorptions de GES.
8. Décrire les effets négatifs possibles et justifier l'utilisation d'engrais, de pesticides chimiques, d'agents de lutte biologique et d'autres intrants par le projet.
9. Décrire les processus d'identification, de classification et de gestion des déchets provenant des activités du projet.

Parallèlement, d'autres indicateurs ont été définis pour évaluer les impacts de l'activité ou du projet sur la biodiversité en dehors de la parcelle ou de la zone. Il s'agit de :

1. Identifier les effets négatifs potentiellement causés par les activités du projet sur la biodiversité en-dehors de la zone du projet.
2. Décrire les mesures requises et prises pour atténuer ces effets négatifs sur la biodiversité en dehors de la zone du projet.
3. Évaluer les impacts négatifs non atténués sur la biodiversité en-dehors de la zone du projet par rapport aux bénéfices sur la biodiversité dans la zone du projet. Justifier et démontrer que le projet a un impact positif net sur la biodiversité.

Il est important de considérer des interventions intégrant le développement agricole, le climat (atténuation et adaptation) et la biodiversité (préservation et restauration) plutôt que d'agir uniquement sur l'un de ces aspects sans considération des deux autres restants. La figure suivante illustre un développement agricole (durable) compatible au climat et à la biodiversité. Les pays ACP pourraient s'inspirer des standards supra-mentionnés pour définir un cadre légal permettant de faire un suivi-évaluation de la prise en compte de la biodiversité non seulement pour les productions agricoles certifiées mais également pour celles directement autoconsommées.

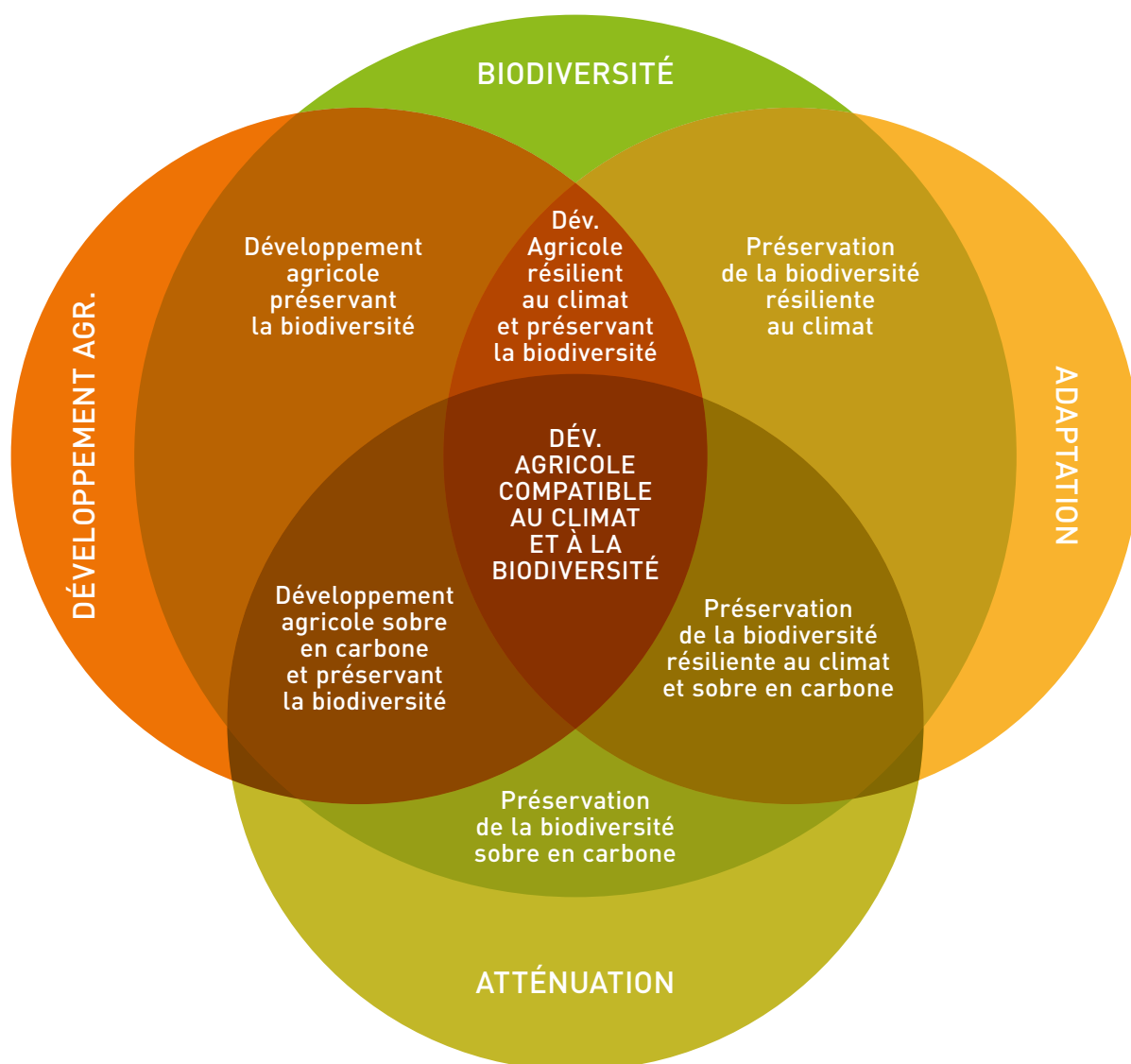


Figure 5: Développement agricole compatible au climat et à la biodiversité
 Source: adapté par Mulindabigwi, V. (2012)⁷ à partir de S. Maxwell and Mitchell T. (Nov 2010)
https://cdkn.org/wp-content/uploads/2012/10/CDKN-CCD-Planning_english.pdf

7 Présentation de l'approche de développement agricole compatible avec le climat et la biodiversité dans le cadre du Groupe d'Échanges sur les Changements Climatiques et la biodiversité (GECC) de la GIZ au Bénin.

1.3. BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE

1.3.1. Quelles relations entre biodiversité et agriculture ?

Dans le domaine de l'agriculture, on parle de la biodiversité agricole. C'est un terme général qui englobe toutes les composantes de la diversité biologique pertinentes à l'alimentation et à l'agriculture, et toutes les composantes de la diversité biologique constituant les écosystèmes agricoles, également dénommés agroécosystèmes. Elle désigne en d'autres termes la variété et la variabilité des animaux, des plantes et des micro-organismes, aux niveaux génétiques, des espèces et des écosystèmes, qui sont nécessaires au maintien des fonctions clés de l'agroécosystème, à sa structure et à ses processus (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2008)⁸.

La biodiversité agricole est le résultat de processus de sélection naturelle et d'une sélection minutieuse ainsi que de développements ingénieux de la part des agriculteurs, des éleveurs et des pêcheurs au cours des millénaires. C'est une composante essentielle de la biodiversité comprenant la diversité des ressources génétiques (variétés, races animales) et des espèces utilisées pour la nourriture, le fourrage, les fibres, le combustible et les produits pharmaceutiques. Elle inclut également la diversité des espèces non cultivées qui aident à la production (les microorganismes du sol, les prédateurs et les pollinisateurs) et celles que l'on trouve dans un environnement plus vaste qui soutiennent les écosystèmes (agricoles, pastorales, forestiers et aquatiques) et participent à leur diversité (FAO, 1999).

Encadré 2 : Points clés à retenir sur la biodiversité agricole

- la biodiversité désigne la variété de l'ensemble du monde vivant : microorganismes, plantes, animaux et homme
- la biodiversité agricole est une composante essentielle de la biodiversité
- la biodiversité agricole est le résultat des interactions entre les ressources génétiques, l'environnement et les systèmes et pratiques de gestion utilisés par les agriculteurs.



Source : (FAO, 2005)

8

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2008). Biodiversité et agriculture : Protéger la biodiversité et assurer la sécurité alimentaire. Montréal, 56 pages.

La SCDB, 2008⁹ a listé six services écosystémiques fournis spécifiquement à l'agriculture :

- Contrôle des ravageurs et des maladies ;
- Cycle d'éléments nutritifs, telle que la décomposition des matières organiques ;
- Captation et conversion d'éléments nutritifs (cas des bactéries productrices d'azote) ;
- Contrôle de la matière organique et la rétention d'eau du sol ;
- Maintien de la fertilité et du biotope du sol ;
- Pollinisation par les abeilles et autres animaux sauvages.

Selon Bioersity International, 2017¹⁰ six raisons expliquent toute l'importance de la biodiversité agricole :

- La biodiversité agricole est le fondement de l'agriculture.
- La biodiversité agricole peut fournir un moyen rentable pour les agriculteurs pour lutter contre les ravageurs et les maladies.
- La biodiversité agricole offre des alternatives aux agriculteurs pour faire face aux risques climatiques.
- La biodiversité agricole peut contribuer à la santé et la nutrition.
- La biodiversité agricole peut jouer un rôle dans le maintien de la santé des sols, de la nourriture et de l'habitat pour les pollinisateurs importants et les prédateurs naturels des ravageurs qui sont essentiels à la production agricole.
- Les connaissances traditionnelles de pratiques agricoles et culturelles sont souvent basées sur la diversité des espèces locales et son utilisation.

Selon la FAO, 2007¹¹, la biodiversité profite à l'agriculture à trois niveaux : (i) productivité, (ii) adaptation et (iii) entretien des fonctions des écosystèmes. En retour, l'agriculture profite également à la biodiversité à trois niveaux : (i) prestation de services des écosystèmes, (ii) incitations et (iii) savoirs écologiques.

Thrupp, 2003 récapitule toutes ces idées relatives à l'importance de la biodiversité pour l'agriculture (Encadré ci-dessous).

9 Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2008). Biodiversité et agriculture : Protéger la biodiversité et assurer la sécurité alimentaire. Montréal, 56 pages.

10 <https://alliancebioersityciat.org/>

11 <https://www.cbd.int/doc/external/cop-09/fao-factsheet-fr.pdf>

Encadré 3 : Le rôle de la biodiversité agricole

L'expérience et la recherche ont démontré que la biodiversité peut :

- Augmenter la productivité, la sécurité alimentaire et la rentabilité
- Réduire la pression de l'agriculture dans les zones fragiles, les forêts et sur les espèces en danger
- Rendre les systèmes de production agricole plus stables, plus robustes et plus durables
- Contribuer à la lutte raisonnée contre les ravageurs et les maladies
- Préserver les sols et en augmenter la fertilité naturelle ainsi que leur santé
- Contribuer à une intensification durable
- Diversifier les produits et les possibilités de revenus
- Réduire, voire partager les risques entre particuliers ou entre nations
- Aider à maximiser une utilisation efficace des ressources et de l'environnement
- Réduire la dépendance à l'égard des apports extérieurs
- Améliorer la nutrition humaine et fournir des approvisionnements en médicaments
- Protéger la structure de l'écosystème et la stabilité de la diversité des espèces.



Source : (Thrupp, 2003)¹²

12 Thrupp, LA 2003. Le rôle central de la biodiversité agricole : tendances et défis. In Conversation and sustainable use of agricultural biodiversity. Publié par CIP-UPWARD en partenariat avec GTZ, IDRC, IPGRI et SEARICE.

1.3.2. Agriculture biologique et biodiversité

L'agriculture est une des activités humaines les plus fondamentales puisque toute personne doit se nourrir chaque jour. L'agriculture au sens large, comprend la façon dont les hommes entretiennent le sol, l'eau, les plantes, et les animaux afin de produire, de préparer et de distribuer la nourriture et les autres biens. C'est aussi la manière dont les personnes interagissent avec les paysages vivants, sont liés les uns aux autres et forment l'héritage pour les générations futures (IFOAM¹³).

Selon IFOAM, l'agriculture biologique est un système de production qui maintient et améliore la santé des sols, des écosystèmes et des personnes. Elle s'appuie sur des processus écologiques, la biodiversité et des cycles adaptés aux conditions locales, plutôt que sur l'utilisation d'intrants chimiques ayant des effets adverses. L'agriculture biologique allie tradition, innovation et science au bénéfice de l'environnement commun et promeut des relations justes et une bonne qualité de vie pour tous ceux qui y sont impliqués.

De façon spécifique, les principes de l'agriculture biologique sont (IFOAM, op. cit) :

- Le principe de santé : préserver la santé à tout prix : la santé des sols, des plantes, des animaux, des hommes et de la planète est une et indivisible.
- Le principe d'écologie : entretenir et maintenir les cycles et les systèmes écologiques vivants.
- Le principe d'équité : renforcer le tissu social et l'équité par rapport à l'environnement commun et aux opportunités de la vie.
- Le principe de précaution : s'abstenir en cas de doute : la responsabilité, la sagesse et la prudence devraient guider les choix des technologies, des méthodes et modes de gestion en agriculture biologique pour prévenir tout risque pour les générations actuelles et futures.

La comparaison de l'agriculture biologique et de l'agriculture non biologique est un sujet qui a intéressé une multitude de scientifiques de par le monde entier. Les revues de littératures systématiques faites en la matière font cas de centaines d'études comparatives. Il est rapporté que de nombreuses études se penchent en faveur d'une supériorité de la biodiversité en agriculture biologique, en comparaison à l'agriculture non biologique. Par contre, une minorité de ces études font cas d'une infériorité ou d'une égalité de la biodiversité en agriculture biologique en comparaison à l'agriculture non biologique (Hole, 2005).

La figure 6 illustre les résultats d'une revue systématique de 95 études effectuées par l'Institut de Recherche sur l'Agriculture Biologique (FiBL). Elle indique le nombre d'études classées par groupe d'animaux et végétaux documentant les effets positifs (barres vertes) ou négatifs (barres rouges) du mode d'exploitation biologique sur la biodiversité comparée aux modes d'exploitation non biologiques. Les chiffres dans les cercles blancs indiquent le nombre d'études n'ayant pas trouvé de différences significatives entre les deux modes d'exploitation.

13 IFOAM. Les principes de l'agriculture biologique.

Influence de l'agriculture bio sur la biodiversité

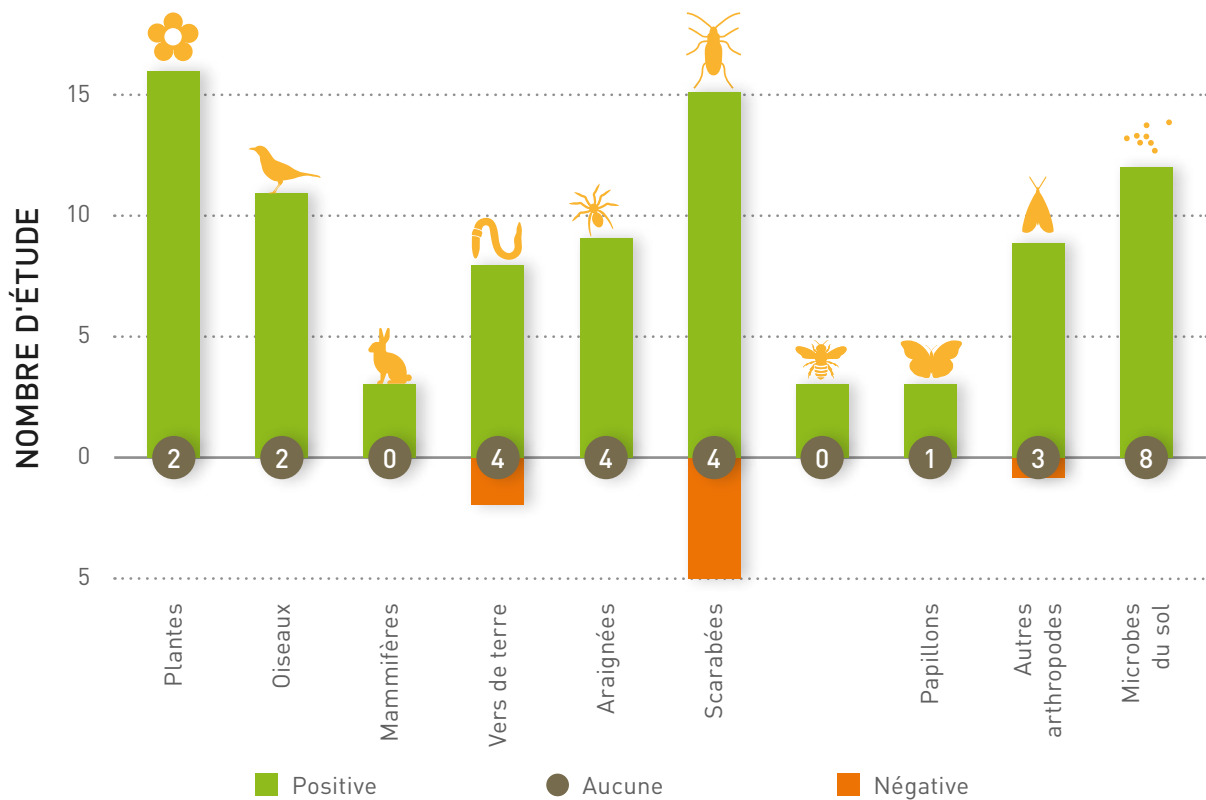


Figure 6 : Etudes documentant les effets de l'agriculture biologique sur la biodiversité
 Source : (Piffner et Balmer, 2011)

FiBL récapitule si bien la thèse défendue par la grande majorité des études : « Par rapport à l'agriculture conventionnelle, l'agriculture biologique fournit sensiblement plus de prestations en faveur de la biodiversité ». L'agriculture biologique est plus intéressante avec environ :

- 46 à 72% de surface proche de l'état naturel de plus que le conventionnel,
- 30% d'espèces de plus que le conventionnel,
- 50% d'individus de plus que le conventionnel.

Ainsi, grâce à la faible intensité d'exploitation et la proportion plus élevée de surfaces proches de l'état naturel, on rencontre encore beaucoup d'espèces végétales et animales régionales typiques sur les exploitations biologiques.

Plusieurs raisons expliquent cette plus grande biodiversité dans l'agriculture biologique. Ces raisons sont essentiellement liées au mode de production et de conception du paysage :

- pas d'utilisation de produits chimiques de synthèse (pesticides chimiques, engrais minéraux),
- des rotations longues et diversifiées,
- des cultures associées,

- un nombre d'animaux par parcelle réduit,
- l'utilisation d'insectes et organismes auxiliaires de culture d'où la nécessité de préserver ou d'implanter des haies et autres réservoirs de biodiversité,
- l'utilisation d'espèces adaptées au milieu (biodiversité cultivée).
 - Selon l'AFD, les résultats positifs de l'agriculture biologique en faveur de la biodiversité sont : un environnement préservé, des sols vivants et fertiles, des eaux sans résidus de pesticides, une réduction des pollutions par les nitrates, diversité agricole, préservation des paysages, un lien fort au territoire, source d'innovation et de préservation des savoir-faire.

1.4. MENACES POUR LA BIODIVERSITÉ

1.4.1. Menaces pesant sur la biodiversité

Le monde assiste aujourd'hui à une hyper croissance de la population humaine qui n'est pas sans conséquences sur les milieux naturels et donc sur la biodiversité. Les pertes de biodiversité ont atteint une vitesse jamais égalée dans l'histoire de notre planète. Le taux d'extinction actuel des espèces serait entre 100 et 500 fois supérieure à ce qu'il a été en moyenne au cours des 65 derniers millions d'années. Parmi les 15 000 espèces de mammifères et d'oiseaux connus (et chez lesquels on a la meilleure qualité de données), environ 210 espèces (1,5%) se sont éteintes depuis le XVI^{ème} siècle. Ce rythme équivaut 100 à 1 000 fois le rythme naturel d'extinction. Beaucoup de scientifiques considèrent que nous vivons aujourd'hui la sixième grande crise d'extinction et qu'elle est due à l'action de l'homme sur son environnement à travers principalement l'agriculture, la déforestation et l'urbanisation. Plus de 6 300 espèces seraient ainsi menacées à court terme et des systèmes écologiques entiers pourraient disparaître. Les causes d'un tel rythme de perte de la biodiversité sont multiples et sont essentiellement liées à des mécanismes anthropiques.

Les scientifiques résument les mécanismes anthropiques responsables de la perte de la biodiversité en cinq grandes catégories (Jourdan *et al.* 2012) comme suit (Tech&bio, 2015)¹⁴:

- i. Destruction, réduction et fragmentation des habitats naturels.
- ii. Invasions biologiques (introduction d'espèces exotiques envahissantes naturelles).
- iii. Surexploitation de certaines espèces, certains milieux (travail du sol profond par exemple).
- iv. Pollutions & bio-contamination de l'eau, des sols et de l'air.
- v. Changements climatiques globaux.

14 Tech&bio, 2015: Biodiversité (Poster).
<https://www.tech-n-bio.com/>

1.4.2. Synthèse des mécanismes responsables de la perte de la biodiversité

1.4.2.1. Destruction et fragmentation des habitats

La fragmentation et la disparition des habitats sont considérées comme étant les principales causes menaçant la survie de 83 % de mammifères et de 85 % des oiseaux menacés (UNEP, 2002)¹⁵. La fragmentation se manifeste lorsqu'un écosystème de large étendue est transformé par action humaine en de nombreux fragments, de taille réduite, isolés spatialement. La fragmentation des habitats est fortement corrélée à leur perte. Ces phénomènes sont liés à un grand nombre d'activités humaines : l'urbanisation, l'agriculture, pêche, aquaculture, sylviculture, aménagements touristiques et industriels, extractions de matériaux (comme les carrières, etc.). Les espèces sensibles à la fragmentation sont : les espèces naturellement rares ; les espèces qui ont une faible fécondité ou un cycle de vie court ; les espèces ayant besoin d'une grande superficie d'habitat ; les espèces ayant de faible capacité de dispersion ; les espèces qui vivent de ressources présentes de manière imprévisible ; les espèces ne pouvant vivre que dans les espaces cœurs et non en zones de lisières ; les espèces vulnérables à l'exploitation humaine.

1.4.2.2. Les invasions biologiques

L'invasion biologique correspond à l'introduction volontaire ou involontaire par l'homme d'espèces animales ou végétales en des lieux où elles n'existent pas normalement. Elle s'est notamment développée avec l'évolution des transports et des échanges internationaux. Son effet destructeur sur la biodiversité est perceptible lorsqu'une espèce arrive à se naturaliser (10 % des cas), et d'autant plus lorsqu'elle devient envahissante. L'ampleur de ce phénomène est actuellement énorme, puisqu'on estime par exemple que 10 % des espèces végétales sont introduites.

L'impact des espèces introduites sur les espèces naturelles a lieu principalement par :

1. prédation directe¹⁶,
2. compétition pour les ressources et l'espace¹⁷,
3. modification de l'habitat¹⁸ et/ou
4. action directement génétique¹⁹.

15 UNEP, (2002): Global environment outlook, 3: Past, present and future perspectives; Mnatsakanian, RA.

16 Interaction directe de nature antagoniste unilatéralement préjudiciable, entre une espèce dénommée prédateur et une à plusieurs espèces dénommée(s) proie(s), duquel ou desquels l'espèce « nuisible » dépend de façon opportuniste voire obligatoire au plan trophique. Par exemple, un loup qui mange un lièvre ou un lion qui mange une gazelle.

17 Relation de rivalité entre espèces qui exploitent les mêmes ressources limitées (nourriture ; abris ; site de nidification). Elle peut interspécifique (entre espèces différentes) ou intraspécifique (entre individus de même espèce).

18 C'est l'une des causes principales de disparition des espèces. Par la construction de routes et d'habitations, l'Homme morcelle le paysage et fragmente ainsi les habitats naturels.

19 Amélioration ou modification génétique par la création de nouvelles variétés ou des organismes génétiquement modifiés.

Rappelons cependant que toutes les espèces exotiques ne sont pas forcément envahissantes. Les espèces envahissantes ont une caractéristique commune : elles possèdent une forte plasticité écologique qui leur permet de s'adapter facilement à tout type de conditions, ce qui n'est pas le cas des espèces autochtones qui sont, elles, adaptées uniquement à la zone biogéographique dont elles dépendent. Ceci explique leur plus grande sensibilité en cas de changements des conditions du milieu.

Par exemple le Lantanier (*Lantana camara*) a couvert de vastes zones en Inde, en Australie et dans une grande partie de l'Afrique, jusque dans les trouées de forêt d'Afrique tropicale (Ouganda...), et jusque sur les plateaux secs du Kenya.²⁰ Cette espèce, originaire d'Amérique centrale et des Grandes Antilles, a été introduite par les jardins botaniques comme plante ornementale sur divers continents. En zone tropicale, elle s'est naturalisée jusqu'à devenir invasive.

1.4.2.3. La surexploitation

L'exploitation de la biodiversité se fait à des fins alimentaires, ornementales, de matières premières, récréatives ou encore pour les animaux de compagnie. La surexploitation est le prélèvement excessif des ressources par l'Homme. Le problème de la surexploitation de la biodiversité provient d'une mauvaise gestion des ressources naturelles par l'homme qui extrait plus d'individus que les populations ne peuvent supporter via le renouvellement naturel. Cette surexploitation entraîne des conséquences écologiques (cause directe d'extinction, dérive génétique, consanguinité...) mais également de manière indirecte des conséquences économiques. Actuellement, la surexploitation représente une menace pour plus d'un tiers des mammifères (primates, carnivores, lagomorphes...); mais également une menace pour les populations piscicoles. Elle provoque la réduction de la taille de la population, le changement dans la structure de la population (âge/sexe/taille), le changement dans la distribution spatiale, la destruction d'espèces cibles et non cibles.

1.4.2.4. Les pollutions

Les pollutions physiques et chimiques sont la quatrième cause d'extinction des espèces. La pollution des sols, de l'eau et de l'atmosphère accentue la dégradation des milieux naturels et affecte directement certaines espèces. La dégradation des habitats occasionnée par la pollution constitue également un phénomène important d'érosion de la biodiversité, il affecte le fonctionnement des écosystèmes et par conséquent entraîne le déclin de la faune et de la flore présente. Ce déclin provient de plusieurs façons : mort par intoxication, modification du fonctionnement des chaînes alimentaires, altération de la reproduction...

20 Les plantes envahissantes à Madagascar et en Afrique- Benjamin LISAN - 2014.

1.4.2.5. *Les changements climatiques globaux*

De nos jours, les changements climatiques constituent une pression supplémentaire qui menace la diversité biologique (PNUE, 2010)²¹. La figure ci-après décrit le mécanisme par lequel les changements climatiques perturbent la diversité biologique. La température est un paramètre abiotique fondamental qui règle de nombreux processus du vivant. Le climat, qui intègre la température ainsi que de nombreuses autres variables abiotiques, elle aussi, influence de manière très importante la vie des organismes et les relations que ces organismes entretiennent dans le cadre des écosystèmes (Parmesan, 2003)²². Selon les scientifiques, le changement climatique aura de graves conséquences sur la composition, la structure et les fonctions des écosystèmes. Dans certaines régions, de nouveaux écosystèmes se développeront, transformant les écosystèmes terrestres et aquatiques existants. On estime que les risques d'extinction d'environ 10% des espèces connues dans le monde augmenteront de beaucoup avec chaque hausse de 1°C de la température. De nombreuses espèces s'ajusteront ou s'adapteront à la modification de leurs conditions de vie ; d'autres ne le pourront pas.

1.4.2.6. *Les variétés hybrides et Organismes Génétiquement Modifiés (OGM)*

Parmi les facteurs de risque de perte de la biodiversité domestique on peut citer les variétés hybrides et les Organismes Génétiquement Modifiés (OGM). L'utilisation d'hybrides²³ mène souvent à une uniformisation des variétés cultivées donc une baisse de la biodiversité au champ, mais les avis sont partagés sur l'impact des hybrides sur la biodiversité car certains soutiennent que pour faire des hybrides on a besoin de maintenir des collections de plantes parentales donc on sauvegarde la biodiversité.

Les risques liés aux OGM portent principalement sur la fécondation d'espèces sauvages par ceux-ci, conduisant à une dissémination incontrôlée des espèces cultivées. Par la sélection d'une ou deux espèces, les OGM risquent d'aggraver la perte de biodiversité dans les champs. Davantage encore si la dissémination a lieu de façon irréversible et contamine les espèces sauvages.

21 PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010. Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. Par S. Ben Haj et A. Limam, CAR/ASP Edit., Tunis: 1-28.

22 C. Parmesan, G. Yohe. 2003. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. Nature 421.

23 Les variétés hybrides sont des plantes issues d'un croisement entre deux variétés génétiquement pures et différentes, en général pour valoriser un ou des caractères précis dont : couleur, taille, résistance aux maladies ou aux conditions climatiques, etc. (Adapté de DGCI, 2001 : Agriculture en Afrique Tropicale).

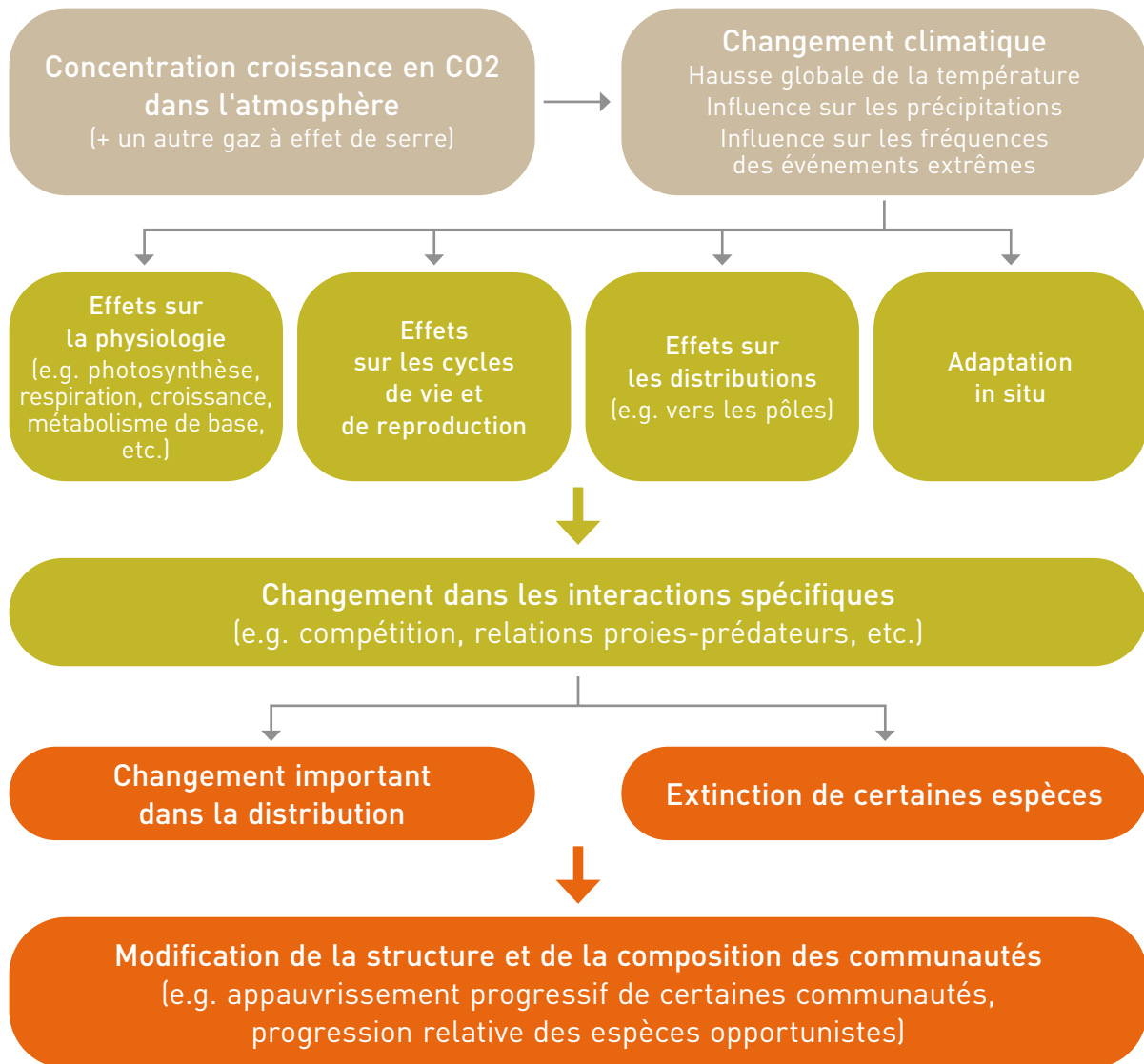


Figure 7: Impact des changements climatiques sur la biodiversité
Source : (PNUE, 2010)

1.5. IMPACTS DES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA BIODIVERSITÉ

1.5.1. Introduction

La biodiversité est la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. L'agriculture quant à elle, est un processus par lequel les êtres humains aménagent leurs écosystèmes et contrôlent le cycle biologique d'espèces domestiquées, dans le but de produire des aliments et d'autres ressources utiles à leurs sociétés. Par conséquent, l'agriculture influence positivement ou négativement la biodiversité.

Son impact sur la biodiversité est déterminé par plusieurs facteurs dont les plus importants sont les systèmes de production agricole et l'indice de marginalité des terres agricoles. Alors que les systèmes de production agricole sont le résultat de la pression démographique sur les terres ou du développement technologique, l'indice de marginalité des terres agricoles est obtenu en tenant compte de plusieurs facteurs naturels environnementaux. Ces facteurs sont la productivité potentielle en biomasse, les conditions climatiques (aridité, variabilité saisonnière des précipitations), les propriétés des sols (fertilité des sols) et la pente des sols (risque d'érosion) (Röhrig, J., 2008). Au Burundi, «*Les agroécosystèmes et écosystèmes naturels entretiennent des relations intimes à travers des services écologiques que chaque système rend à l'autre. En effet, les agroécosystèmes, du fait de leurs services de protection des sols et des eaux, participent dans l'atténuation de l'érosion et de la sédimentation nuisibles à la biodiversité aquatique. Les agroécosystèmes ont permis également la conservation de la biodiversité devenue rare en milieux naturels et facilitent aussi le maintien et l'entretien des microorganismes du sol qui ne pourraient exister sans activités agricoles*» (voir Annexe 2).

En tenant compte du nombre d'années qu'une parcelle est sous cultures (C), du nombre d'années qu'elle est en jachère (F) et du nombre d'années sous une autre utilisation ne comportant pas de pratiques culturales (L), Ruthenberg (1980) a déterminé le coefficient de culture R exprimé en pourcentage.

$$R (\%) = \frac{C}{C + F + L} * 100$$

Ce coefficient permet de classifier les systèmes de production agricoles en trois grandes catégories :

Systèmes de culture itinérante : $R < 30$

Systèmes de culture semi-permanente : $30 \leq R \leq 70$

Systèmes de culture continue : $R > 70$

Indépendamment des systèmes de culture supra-mentionnés, les modes de disposition des cultures sur une parcelle, une exploitation ou dans une région détermine à leur tour une autre classification des systèmes de cultures à savoir la **monoculture** et la **polyculture**. Alors que la monoculture se définit comme un système de culture d'une seule espèce végétale dans une exploitation agricole (saison par saison), la polyculture est quant à elle un système de culture de plusieurs espèces de plantes sur une même parcelle ou dans une même exploitation voire même une même région. Cependant, il y a lieu de préciser qu'il existe des systèmes de production agricole où les exploitants pratiquent la polyculture et la monoculture à la fois. C'est le cas des exploitations agricoles au Nord du Bénin où la culture intensive du coton est une monoculture qui a complètement dégradé les sols de la région. Ceci étant, la définition de la monoculture devrait beaucoup plus se référer sur une parcelle ou un champ plutôt que sur l'exploitation. La polyculture comprend plusieurs systèmes de cultures en différentes associations.

| MONOCULTURE <i>Une seule espèce cultivée sur la même parcelle année après année</i> | POLYCULTURE | |
|--|---|---|
| | Rotation/ Séquence <i>Une culture par an</i> | Cultures multiples <i>Plus d'un espèce cultivée par an</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> > Agriculture continue <i>Uniquement des espèces annuelles</i> > Agriculture mixte <i>Alternance annuelles pérennes / espèces espèces</i> | <ul style="list-style-type: none"> > Séquentielles | <ul style="list-style-type: none"> > Simultanées <i>Plusieurs espèces au même moment, sur la même parcelle</i> > Mélanges <i>Pusieurs espèces semées en même temps</i> > Rangs intercalés > Bandes intercalées > Déphasées <i>Date de semis décalée entre les différentes espèces</i> |
| | | <ul style="list-style-type: none"> > Cultures en dérobé <i>Une seconde espèce semée juste après la récolte de la première, dans le but de la récolter</i> > CIPAN <i>(Culture Intermédiaire Piège A. Nitrates) Objectif: capturer l'azote non utilisé par la culture précédente</i> > Couvert végétal <i>Objectif: protéger le sol pendant sa non utilisation par la culture principale</i> > Engrais Verts <i>Objectif: fixer du carbone et/ ou de l'azote à incorporer au sol</i> |

Figure 1: Classification des différentes séquences de cultures
 Source: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7667095>

Parallèlement à tous ces systèmes de culture il en existe encore d'autres comme l'agroforesterie, l'agropastoralisme, les cultures pérennes (arboricoles et arbustives), les cultures irriguées, les cultures biologiques etc. L'impact de l'agriculture sur la biodiversité est appréhendé sur la base des systèmes de culture suivants :

- Système de culture itinérante - polyculture
- Système de culture semi-permanente – polyculture
- Système de cultures permanentes – polyculture
- Système de culture permanente – monoculture
- Système de culture pérenne
- Système agroforestier
- Système de culture irriguée
- Système de culture biologique
- Système de culture agroécologique



Figure 2: Sol préparé à la culture attelée pour les cultures intercalaires
Source : Mulindabigwi, 2008

Les aménagements et les pratiques culturales de chaque système de culture diffèrent d'un système à un autre. Par conséquent, leur impact sur la biodiversité est également différent. Que ce soit à l'échelle de la parcelle ou du paysage, pour chaque système de culture l'impact sur la biodiversité est décrit en se référant au sol, les ressources en eau, la faune et la flore.

1.5.2. Impact sur la biodiversité à l'échelle de la parcelle et du paysage

La présente sous-section décrit l'impact de l'agriculture sur la biodiversité à l'échelle de la parcelle et à celle du paysage. Cet impact prend particulièrement sa source dans les modes de gestion et d'utilisation des terres qui diffèrent d'un système de culture à un autre.

1.5.2.1. Le système de culture itinérante-polyculture

Le système de culture itinérante-polyculture est un système dont le principal intrant agricole est constitué uniquement de semences (généralement produites par les agriculteurs eux-mêmes). L'outil aratoire comprend principalement des outils rudimentaires tels que la houe et la machette dont le travail du sol n'affecte négativement pas la structure du sol. Il n'utilise pas (ou rarement) d'engrais minéraux ni de pesticides ou d'autres produits chimiques qui pourraient avoir un impact négatif sur les ressources en eau et en terres. Il occasionne cependant une déforestation. Suite au manque de techniques de lutte contre l'érosion et à la destruction de la biomasse par le feu, le système de culture itinérante entraîne l'érosion des sols. L'érosion couplée à l'absence de mesures d'amélioration de la fertilité des sols accélère la dégradation de la fertilité des sols qui à son tour se traduit par une diminution rapide de la productivité agricole. Les terres dégradées sont souvent laissées en jachère pour une longue durée.

La déforestation, l'écobuage, la diminution de la matière organique dans le sol, la faible capacité de rétention de l'eau du sol entraînent une diminution de la flore, de la faune et des microorganismes du sol



Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Au niveau de la parcelle la destruction de la biomasse par le feu diminue la teneur en matière organique du sol et par conséquent, diminue la capacité de rétention de l'eau du sol. L'infiltration de l'eau de pluie diminue au profit du ruissèlement. Bien que lors de la préparation de la parcelle l'abattage des arbres soit sélectif (certaines espèces d'arbres sont laissées sur la parcelle), le système de culture itinérante est à la base de l'élimination d'une grande partie d'espèces végétales sur la parcelle et par conséquent la diminution de la diversité végétale de la parcelle. Les espèces végétales cultivées proviennent généralement des semences longtemps sélectionnées par les agriculteurs eux-mêmes. De rendements agricoles faibles ou moyens, ces semences sont cependant résilientes et adaptées aux conditions

d'une agriculture sans capital financier. Le système de culture itinérante détruit les habitats de certaines espèces animales mais au même moment, on trouve une densité importante d'autres espèces animales compte tenu des cultures en place. Ainsi par exemple, s'il y a du maïs, on y trouvera une présence importante des singes, si ce sont des tubercules, on y trouvera beaucoup de rongeurs etc. Bien que les points de vue divergent sur les avantages et les désavantages du système de culture itinérant sur la biodiversité, il est unanime que ce système est durable tant que la densité de la population est encore faible pour permettre de mettre la parcelle en jachère pour une longue période afin de restituer au sol sa fertilité. La régénération de la fertilité des sols en jachère se manifeste à travers une couverture végétale riche en espèces et qui s'accompagne d'un retour de la faune et de microorganismes dans et sur le sol.

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Au niveau du paysage, le système de culture itinérante-polyculture occasionne une forte déforestation transformant les formations naturelles en jachères de longue durée. L'érosion des sols charrie beaucoup de terres et les dépose en aval des parcelles où elle cause l'ensablement des lits des rivières ou des bas-fonds. Elle y perturbe les niches écologiques et surtout les corridors écologiques entre les écosystèmes aquatiques et ceux terrestres. Plusieurs auteurs ont constaté que le système de culture itinérante augmente la pression de la chasse notamment de certains (gros) mammifères aux environs des villages (Wilkie & Finn, 1990) (okapi, céphalophe à dos jaune, panthère), Thomas (1991) au Zaïre [Ituri] (chimpanzé et *Cercopithecus hamlyni*) et Lahm (1993) au Gabon (chimpanzé, gorille, éléphant, buffle de forêt). Dans la boucle du Dja/Cameroun, l'extinction écologique aux environs des villages du gorille, de la panthère, de l'éléphant et du pangolin géant a été observée mais le sitatunga et le céphalophe à dos jaune (Dethier, 1995) sont restés présents.



Le système de culture itinérante-polyculture transforme les formations naturelles ou secondaires en jachères de longue durée. Il occasionne une augmentation de la pression de la chasse des mammifères et la perturbation des niches et corridors écologiques

À retenir sur le système de culture itinérante-polyculture

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|---|--|--|
| Longue durée de jachère (R < 30) Rotation des cultures Cultures en associations Simple travail du sol Destruction de la biomasse par le feu Erosion des sols Semences traditionnelles | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Dégradation de la fertilité des sols • Diminution de la matière organique du sol et de la capacité de rétention de l'eau • Diminution de l'infiltration de l'eau • Elimination des espèces végétales, • Diminution de la diversité végétale • Réduction d'espèces animales Positif <ul style="list-style-type: none"> • Restitution de la fertilité des sols • Restitution partielle du couvert végétal • Repeuplement de la faune, des organismes et microorganismes dans et sur le sol | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Déforestation du paysage • Ensablement des lits des rivières et des points d'eau • Destruction des niches écologiques • Destruction des corridors écologiques • Augmentation de la pression de la chasse des animaux Positif <ul style="list-style-type: none"> • Préservation de la diversité des cultures |

1.5.2.2. Le système de culture semi-permanente-polyculture

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Le système de culture semi-permanente-polyculture diffère du système de culture itinérante-polyculture du fait que la durée des jachères devient de plus en plus réduite et ne permet plus la régénération de la fertilité des sols. Bien que le défrichage et la mise en culture de la parcelle diminue le nombre d'espèces végétales sur la parcelle, l'association des différentes cultures (polyculture) permet de :

- améliorer la biodiversité sur la parcelle ;
- exploiter de façon optimale les éléments nutritifs des différentes couches du sol ;
- créer des microclimats favorables notamment à différentes espèces d'insectes et d'oiseaux.

Par contre :

- l'érosion des sols augmente d'intensité si aucune mesure de lutte contre l'érosion n'est mise en place ;
- le taux d'infiltration des eaux de pluies diminue au profit du ruissellement ;
- la productivité agricole diminue rapidement en absence de l'apport et de la gestion efficace de la matière organique.

Contrairement à la culture itinérante où les engrais minéraux, les pesticides ou autres produits chimiques sont quasi inexistants, le système de culture semi-permanente connaît un début d'utilisation desdits intrants agricoles dans des proportions encore faibles. En l'absence de cultures industrielles, d'exportation ou de rente (dont l'utilisation d'intrants mentionnés ci-dessus est souvent abusive), l'utilisation des engrais minéraux et des pesticides est relativement faible. Toutefois, dans certains cas, l'utilisation d'engrais minéraux sans apport de matière organique peut négativement modifier les propriétés physico-chimiques des sols. Il peut en résulter l'acidification des sols qui s'accompagne d'une diminution des organismes et micro-organismes du sol ainsi que de celle de la biomasse aérienne. Par ailleurs, l'utilisation d'insecticides non sélectifs peut compromettre la biodiversité en éliminant beaucoup d'insectes bénéfiques sur la parcelle. Suite à la dégradation de la fertilité du sol, certaines plantes indicatrices de la fertilité des sols telle que *Galinsoga parviflora Cav* cède la place à d'autres espèces d'herbes. Les relations spatio-temporelles des espèces végétales changent en entraînant également le changement ou la disparition des insectes sur la parcelle.



Le système de culture semi-permanent-polyculture diffère du système de culture itinérante-polyculture du fait que la durée des jachères devient de plus en plus réduite et ne permet plus la régénération de la fertilité des sols. Ce système correspond à un début d'utilisation des produits chimiques

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Le système de culture semi-permanente – polyculture occasionne des modifications importantes sur le paysage eu égard la biodiversité. Alors que le système de culture itinérante permet une reprise du couvert végétal avec différentes espèces végétales y comprises les essences forestières. La durée de jachère du système de culture semi-permanente étant courte, elle ne permet qu'une régénération limitée de la végétation. Si des mesures de protection des animaux sauvages n'existent pas ou ne sont pas rigoureusement mises en application, beaucoup d'espèces animales disparaissent très rapidement dans la zone.

Dans la zone du Bugesera au Rwanda, fin des années 60, il y existait des buffles et d'autres grands mammifères. Lorsque la pression démographique sur les terres s'est considérablement accrue suite aux mouvements de migrants, ces animaux ont complètement disparus dans la zone.

Au sud du Bénin, le lac Ahémé a connu une disparition de huit espèces halieutiques (Amoussou, E. 2004) suite à l'ensablement, à l'assèchement des plaines inondables et à l'augmentation de la pêche. Amoussou, E. (2004) précise que la disparition de la mangrove le long du lac Ahémé a engendré la réduction de la biodiversité et l'appauvrissement du lac en ressources halieutiques.

Au nord du Bénin dans le village de Sérou, la pêche à la nasse, autrefois annuellement bien réglementée et organisée, n'existait plus suite au tarissement des mares dû aux activités agricoles.

Toujours au nord du Bénin, la population constate que dans la nature, les jeunes plants de baobab deviennent de plus en plus rares. La raison principale la plus avancée est la diminution du nombre de singes résultante de l'extension des superficies agricoles au détriment des formations naturelles et des jachères de longue durée (habitats des singes). Effectivement Hladik et Hladik (1967) se sont rendu compte que les primates pourraient contribuer au maintien et à la distribution de certaines espèces (végétales) en favorisant la germination de leurs graines.

Bien que le système de culture semi-permanente – polyculture n'utilise que de faibles quantités de produits chimiques, dans certains cas, l'utilisation des insecticides non sélectifs compromet à la biodiversité en éliminant directement certains insectes et indirectement des espèces d'oiseaux dans le paysage.

L'érosion devenant de plus en plus importante sur les parcelles, le taux d'infiltration ainsi que la recharge des eaux souterraines diminuent. Les dégâts de l'érosion ne sont pas seulement amplifiés par le système de culture semi-permanente mais également par le changement climatique à travers surtout l'intensité des pluies extrêmes. Par ailleurs, l'ensablement des cours et plans d'eau, des vallées et bas-fonds sont des conséquences immédiates d'une dégradation des terres érodées en aval. Il y a des espèces végétales et/ou animales qui disparaissent surtout quand les ressources en eau diminuent significativement. Les corridors écologiques entre les différents écosystèmes sont détruits. Jusque dans les années 70, pendant la saison sèche (juillet-septembre) on observait souvent dans certaines régions du Rwanda (Sholi, Cyeza, Muhanga, Rwanda) des serpents descendre des collines pour rejoindre la végétation le long des points d'eau. Peu avant ou pendant la saison des pluies (mars-juin), on observait également le mouvement inverse des fourmis quittant les zones de point d'eau vers les flancs de collines. C'était pendant cette même période qu'il y avait aussi beaucoup de champignons aussi bien sur les espaces cultivées que sur les espaces naturels. Ces mouvements d'espèces animales selon les périodes de l'année s'observent très rarement ou presque plus. Beaucoup d'espèces végétales qui avaient l'utilité multiple notamment pour la construction des maisons *Hibiscus* sp. (umugusa en Kinyarwanda), bambous etc. n'existent plus sur les sites jadis considérés secondaires ou naturels. En effet, la raison principale est que les ressources en eau ont diminué ou même complètement tari.

À retenir sur le système de culture semi-permanent-polyculture

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|--|---|---|
| <p>Durée de jachère moyenne, ($30 \leq R \leq 70$)</p> <p>Rotation des cultures,</p> <p>Associations de cultures,</p> <p>Faible utilisation des produits chimiques (engrais minéraux, pesticides, etc.)</p> <p>Utilisation des semences traditionnelles et améliorées</p> | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la matière organique dans le sol • Augmentation de l'érosion • Dégradation de la fertilité du sol, • Forte diminution de l'infiltration des eaux de pluies • Changement ou disparition des insectes, organismes et micro-organismes sur la parcelle <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restitution partielle de la fertilité des sols, • Restitution très partielle du couvert végétal • Repeuplement limité de la faune, des organismes et microorganismes dans et sur le sol | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modifications négatives importantes de la biodiversité • Régénération limitée de la végétation • Disparition de beaucoup d'espèces végétales et animales aussi bien aquatiques que terrestres • Amplification des dégâts de l'érosion (ensablement des points d'eau,...) • Destruction des corridors écologiques • Diminution des ressources en eau <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restitution partielle de la végétation • Synergies biologiques entre les composantes de l'écosystème • Conservation de la qualité des eaux (mais non la quantité) • Alimentation saine de la population |

1.5.2.3. Le système de culture permanente-polyculture

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Le système de culture permanente – polyculture est un système où la parcelle est quasiment tout le temps sous-culture. On le rencontre dans les zones densément peuplées où la production industrielle ou commerciale est importante. C'est un système de culture très répandue par exemple au Rwanda ou dans certaines zones du sud Bénin à cause de la densité démographique très élevée. Il se caractérise entre autres par :

- le travail du sol principalement dominé par l'utilisation des outils aratoires simples, de la culture attelée, une petite mécanisation et rarement la mécanisation lourde ;
- les parcelles surexploitées et donc exposées à l'érosion ;
- une dégradation très importante de la végétation (en biomasse et en espèces) et des terres malgré les efforts des agriculteurs pour une gestion efficace de la biomasse et pour l'apport de la matière organique ;
- l'appauvrissement du sol en matière organique s'accroît davantage ;
- l'érosion charrie de quantités de terres beaucoup plus importantes (ex. : 100t/ha par an sur des sols de fortes pentes au Rwanda) (König., 1994) ;
- l'ensablement des points d'eau ou des parcelles ainsi que des inondations.
- le taux d'infiltration des eaux de pluies dans le sol devient encore plus faible que dans le cas de système de culture semi-permanente ;
- la recharge des eaux souterraines diminue substantiellement.

Ce système contraint l'agriculteur à adopter certaines technologies performantes pour améliorer la productivité agricole telles que la petite irrigation, l'utilisation des produits chimiques comme les engrais minéraux et les produits phytosanitaires. Les semences utilisées sont de plus en plus améliorées (en termes de rendement mais moins résistantes), particulièrement pour des cultures de rente telles que le maïs, le riz, les tomates, etc. Généralement les semences améliorées sont des hybrides qui mettent les agriculteurs sous la dépendance de leurs fournisseurs. Les cultures en différentes associations contribuent à préserver la biodiversité de plusieurs espèces de plantes cultivées et de différents insectes. L'utilisation des insecticides devient de plus importante et élimine plusieurs insectes sur la parcelle dont les abeilles qui jouent un rôle pourtant très bénéfique pour le maintien de la biodiversité.

Le système de culture permanente-polyculture intensifie la surexploitation des terres conduisant à la dégradation des terres, raréfaction des ressources en eau, érosion de la biodiversité par la destruction des habitats et corridors écologiques

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage



Figure 3 : Un paysage de système de culture permanent parsemé de bananeraies (cultures pérennes), arbres agroforestiers, d'une multitude de petites parcelles de cultures vivrières, de caféiers et de boisements
Source : Mulindabigwi, V. 2007

Au niveau du paysage, le système de culture permanente – polyculture accélère la dégradation du couvert végétal, des ressources en eau et en terres des terroirs. L'impact de l'agriculture et particulièrement du système de culture permanent-polyculture sur la biodiversité se résume dans le récit suivant (observations faites au Rwanda) :

« Fin des années 60 et début des années 70, avant que le système de culture permanente ne s'installe dans ma zone d'origine (Sholi, Cyeza, Muhanga), quand la pluie tombait, j'observais de l'eau claire ruisseler sur les versants des montagnes. Il était possible d'observer de loin l'eau de ruissellement à cause du couvert végétal qui protégeait le sol contre l'érosion. Les pertes en terres par l'érosion étaient encore faibles et le taux d'infiltration des eaux de pluies était élevé. Les sources d'eau étaient nombreuses et disposaient de suffisamment d'eau durant presque toute la période de l'année. Pendant cette période d'avant le système de culture permanente – polyculture, l'utilisation du terroir comptait des terres sous cultures, des terres en jachère, des pâturages, des terres de cultures pérennes (surtout caféiers et bananeraies) et des terres marginales sur lesquelles il y avait des boisements. C'était une période où il y avait des cours et plans d'eau riches en poissons et où les enfants et les jeunes gens allaient se baigner et s'amuser. À proximité de ces points d'eau, il existait une multitude d'espèces animales notamment des insectes, des grenouilles, des crapauds, des serpents, différentes

espèces d'oiseaux etc. Concernant particulièrement les oiseaux, la poule d'eau (Gallinula chloropus), la grue couronnée (Balearica pavonina), l'ombrette africaine ou ombrette du Sénégal (Scopus umbretta), le héron garde-bœufs (Bubulcus ibis), le canard (Anas platyrhynchos), le héron mélanocéphale (Ardea melanocephala), etc. ont complètement disparus ou sont en voie de disparition dans la zone depuis la domination du système de culture permanente – polyculture. Pendant la saison sèche, les agriculteurs utilisaient les petits cours d'eau pour arroser les cultures, arroser la parcelle à cultiver ou aménager des abreuvoirs pour le bétail. L'abondance des points d'eau et la richesse en matière organique des terres étaient associées à plusieurs espèces animales différentes notamment les insectes (plusieurs espèces de coléoptères) et les vers de terre. Ces sources d'eau n'existent plus ou leur débit a beaucoup diminué! La chasse des gazelles et des lièvres était encore possible et organisée, une fois par semaine surtout les dimanches très tôt le matin. C'est pendant cette période que le dernier pangolin dans la zone a été tué. Quelques animaux sauvages étaient encore présents tels que les chacals, les renards, les écureuils, les porcs-pics etc. Les agriculteurs avaient souvent dans leurs champs des pièges pour protéger leurs cultures contre les perdrix, les taupes, etc. Sur les parcelles cultivées, souvent les agriculteurs tuaient des serpents. Ces serpents étaient déposés sur un rocher, un talus, une pierre ou suspendu à ciel-ouvert sur un morceau de bois pour que les oiseaux surtout les rapaces puissent les prendre. Il existait des guérisseurs traditionnels très connus dans la zone. Ils avaient encore la possibilité de trouver les différentes espèces végétales dont certaines parties intervenaient dans la composition des médicaments. Dans les forêts et surtout les forêts de galerie des abeilles étaient nombreuses et la production du miel était encore naturelle.

Pendant l'été, il y avait toujours d'essaims d'abeilles. Plusieurs espèces d'oiseaux étaient encore présentes notamment celles qui se nourrissaient des abeilles, celles qui avertissaient que la saison de pluies allait bientôt commencer, les hiboux, les rapaces, etc.».

Suite à la surexploitation des terres, la mise en cultures de toutes les terres y comprises les terres marginales, les forêts et les pâturages, ces observations sont devenues plutôt très rares.

La dégradation du couvert végétal (constitué de plusieurs espèces végétales) s'est accompagnée de celle des sols et de la diminution de la disponibilité des ressources en eau ainsi que de la disparition de certaines espèces animales. Toutefois, le système de culture permanente – polyculture reste préférable au système de culture permanente – monoculture vis-à-vis de la biodiversité. Il dispose encore de plusieurs espèces végétales domestiques dans l'ensemble du paysage et n'utilise quasiment pas d'insecticides ou d'autres produits chimiques susceptibles de polluer les ressources en eau et en terres.



Figure 4 : Ensablement d'un bas-fond et des canaux d'irrigation et de drainage au centre du Rwanda
Source : Mulindabigwi,V. 2007

À retenir sur le système de culture permanente – polyculture

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|--|---|--|
| Rotation des cultures Durée de jachères très courte ou inexistante (R > 70) Surexploitation des parcelles Associations et rotation des cultures Outils aratoires simples, culture attelée ou petite mécanisation Efforts de gestion de la matière organique Utilisation limitée des produits chimiques (engrais minéraux, insecticides, pesticides,...) Utilisation des semences traditionnelles et/ou améliorées Introduction de la petite irrigation | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dégradation importante de la végétation • Faible infiltration des eaux de pluies dans le sol • Forte érosion • Dégradation importante des sols • Diminution des insectes, organismes et microorganismes sur et dans le sol <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préservation de la diversité des cultures • Diversité variétale • Diversité d'insectes pollinisateurs • Diversification de l'alimentation humaine | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dégradation du couvert végétal, des ressources en eau et en terres • Inondations • Ensablement des cours et plans d'eau • Assèchement des sources, cours et plans d'eau • Disparition des jachères, de la végétation naturelle et des pâturages • Disparition des espèces végétales dont celles d'utilité multiple • Disparition des espèces d'animaux aquatiques et terrestres, • Disparitions des espèces d'animaux notamment oiseaux, insectes etc. • Diminution ou disparitions des champignons comestibles, • Destruction des niches et corridors écologiques <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préservation de la diversité des cultures • Diversité variétale • Diversité d'insectes pollinisateurs • Diversification de l'alimentation humaine |

1.5.2.4. Le système de culture permanente-monoculture

Le système de culture permanente - monoculture est un système où les terres sont surexploitées et où la biodiversité est en péril à cause des cultures industrielles (ex. coton,...) ou commerciales (maïs, riz, pomme de terre...). On y rencontre également des cultures de rente maraîchères telles que les légumes. Ce système généralement moderne est dévastateur. Il utilise :

- des intrants agricoles externes tels que les produits chimiques (engrais minéraux, pesticides, herbicides,...) ;
- des semences améliorées ou génétiquement modifiées ;
- dans certains cas la mécanisation utilise de grosses machines ;
- les parcelles cultivées vont de moyennes à de très grandes dimensions contrairement aux systèmes de cultures précédents dont les parcelles sont de dimensions petites ou moyennes ;
- si la mécanisation utilise de grosses machines, la structure du sol risque d'être détruite et il y a également risque de compactage du sol.

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Compte tenu de l'intensification du système qui implique un investissement du capital à valoriser, les agriculteurs tiennent à la lutte contre l'érosion et à l'amélioration de la fertilité des sols par une mise en place des structures antiérosives, une utilisation importante d'engrais minéraux et éventuellement un apport de matière organique. Ils tiennent également au traitement phytosanitaire et à la lutte contre les mauvaises herbes en utilisant les pesticides et les herbicides. Au niveau de la parcelle, l'utilisation intensive de ces intrants réduit substantiellement les espèces végétales et animales. Ainsi par exemple, la population des termites et des vers de terre est très réduite sur les parcelles cultivées dans la zone cotonnière au nord du Bénin. Or, l'absence de rotation et d'association des cultures sur la parcelle favorise la prolifération des maladies des plantes ou d'attaques d'insectes d'où l'utilisation accrue de produits phytosanitaires.

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Au niveau du paysage, une étude conduite au Nord du Bénin (LAWANI *et al* 2017), a montré que l'intensification de la culture du coton se traduisant par une utilisation abusive des engrais minéraux, des insecticides et des herbicides a fortement pollué les ressources en eau. Certains de ces produits chimiques ont été retrouvés dans les poissons des cours d'eaux. Suite à la pollution des ressources en eau et à la raréfaction des pâturages, des éleveurs quittent définitivement la région vers le centre du pays. Par ailleurs, compte tenu de l'utilisation excessive des engrais minéraux sans apport de matière organique le risque d'acidification des terres de la zone est très élevé. Pour compenser la diminution de la productivité du coton (malgré l'apport d'engrais minéraux), les agriculteurs misent sur l'extension des superficies agricoles au détriment notamment des pâturages et des réserves naturelles (heureusement protégées). Toujours dans cette zone, la déforestation y est très élevée si bien que les espèces d'arbres pourtant légalement protégées (ex. karité, néré,...) sont également coupées alors que dans les autres systèmes de production ces arbres étaient gardés sur les parcelles. Des concentrations élevées de nitrates (300mg/l alors que le seuil maximal défini par l'OMS est de 50mg/l) ont été retrouvées dans les échantillons des eaux souterraines sur un site au Bénin (village de Doguè, commune de Bassila) au moment où un forage devrait être effectué pour une adduction d'eau villageoise. L'utilisation des insecticides non sélectifs réduirait la population des insectes qui pourtant jouent un important rôle dans le maintien de la biodiversité. Par ailleurs, la monoculture affaiblit la résistance immunitaire des insectes pollinisateurs par manque de nourriture équilibrée. En occident, la population des abeilles a beaucoup diminué si bien que par exemple aux USA il existe des apiculteurs qui louent leurs abeilles aux agriculteurs pour la pollinisation de leurs cultures. Dans le paysage où le système de culture permanente – monoculture domine, on n'y trouve plus ou rarement des animaux sauvages (sauf s'il y existe des mesures de protection de la biodiversité telles que les bandes de buissons autour des brise-vents qui ne sont jamais mises en culture). Pour préserver ou restaurer la biodiversité dans les paysages dominés par la monoculture, certaines mesures, entre autres les jachères florales (constituées généralement de bandes d'associations de plusieurs plantes à fleurs) sont de plus

en plus installées. L'utilisation des films polyéthylènes (malheureusement non biodégradables) sur les parcelles d'ananas au Bénin permet de réduire les sarclages, de maîtriser la gestion de l'eau et d'augmenter significativement la productivité mais réduit la diversité végétale sur la parcelle.

Le système de culture permanente – monoculture caractérisé par une surexploitation des terres, utilisation accrue des intrants chimiques autour des cultures industrielles ou commerciales occasionne une forte dégradation des ressources en eau et en terres et de la biodiversité



À retenir sur le système de culture permanente - monoculture

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|---|---|--|
| <p>Jachère (presque) inexistante (R > 70)</p> <p>Surexploitation des parcelles</p> <p>Une seule culture</p> <p>Pas de rotation des cultures</p> <p>Forte utilisation de produits chimiques (engrais, pesticides, insecticides, herbicides,...)</p> <p>Semences améliorée et/ou génétiquement modifiées</p> <p>Moyennes à grandes parcelles</p> <p>Petite à grande mécanisation</p> | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification de la structure du sol • Réduction substantielle des espèces végétales • Disparition définitive de certains animaux sauvages, oiseaux, insectes, organismes et microorganismes sur et dans le sol • Prolifération des maladies des plantes <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restauration partielle de la fertilité des sols par la fertilisation minérale et organique • Rendements agricoles relativement élevés | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déforestation accrue • Dégradation des terres (acidification...) • Pollution des ressources en terres et en eau • Destruction ou contamination des ressources halieutiques • Disparition de plusieurs espèces végétales • Disparition des pâturages et des formations naturelles • Destruction des niches et corridors écologiques • Diminution ou disparition des insectes pollinisateurs <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assolement (répartition des cultures dans le temps et dans l'espace) |

1.5.2.5. Le système de culture pérenne

Le système de culture pérenne est généralement constitué de plantations telles que le caféier, le théier, le cacaoyer, l'hévéa, le palmier à huile, le cocotier, l'anacardier, le manguier, les agrumes, le bananier, l'avocatier, le papayer, etc. On y rencontre la plupart des cultures fruitières.



Le système de culture pérenne, comprenant notamment la production des fruits, préserve les ressources en eau et en terres. Il crée des microclimats favorables aux habitats de certaines espèces animales. Toutefois, l'utilisation des produits chimiques non raisonnée pourrait compromettre son rôle positif sur la biodiversité (ex. *bananeraie*)

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

C'est un système de culture qui conserve très bien le sol contre l'érosion, où le taux d'infiltration de l'eau de pluie est élevé. La chute de la litière assez importante et le travail du sol très léger voir même inexistant font que le sol soit toujours riche en matière organique.



Figure 5 : Une plantation de cacaoyers riche en litière au sol à Kpalimé au Togo offrant l'ombrage pour les discussions
Source : Mulindabigwi, V. 2017

Suite à la richesse en matière organique sur et dans le sol, les parcelles des cultures pérennes disposent généralement de beaucoup de faune et microorganismes sur et dans le sol. L'abondance de la litière sur le sol facilite la présence des escargots notamment dans les plantations d'anacarde au Bénin ou de cacaoyers au Togo. Toutefois, les producteurs de cacaoyers au Togo constatent qu'avec l'utilisation des insecticides, les escargots n'existent plus sous les cacaoyers comme dans le passé. Alors que la lutte contre les mauvaises herbes était jusqu'à présent manuelle, il y a une tendance croissante à l'utilisation d'herbicides dans les plantations d'anacarde au Bénin. Cela pourrait négativement affecter la qualité des ressources en eau. Les cultures pérennes s'associent facilement à d'autres cultures ou autres activités qui renforcent la biodiversité. Il s'agit par exemple de :

- haricot sous bananeraie au Rwanda ;
- igname sauvage sous les cacaoyers au Togo (dans le passé) ;
- apiculture sous les plantations d'anacarde ;
- élevage de ruminants sous les cocotiers au Bénin ;
- agroforesterie dans les plantations de caféiers et de cacaoyers au Togo ;
- système taungya très utilisé sur les parcelles des cultures pérennes où durant les premières années (jusqu'à 4-6 ans) des plantations, les cultures annuelles (manioc, patate douce, haricot, niébé, soja, arachide, sorgho, maïs, etc.) sont associées aux cultures pérennes.

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Au niveau du paysage, le système de culture pérenne :

- préserve les ressources en eau et en terres à condition que l'utilisation des produits chimiques (engrais minéraux, pesticides, insecticides, herbicides...) soit bien contrôlée ;
- contribue à la lutte contre l'érosion et par conséquent protège les terres en aval contre l'ensablement ;
- contribue au maintien et à la protection des écosystèmes et la biodiversité autour des points d'eau en aval des cultures pérennes ;
- crée des microclimats favorisant les habitats de certaines espèces animales.

Par contre, si de grandes étendues d'un paysage sont dominées par une seule culture, le système de culture pérenne pourrait constituer une menace pour certaines espèces animales compte tenu de l'absence de l'équilibre alimentaire notamment pour quelques insectes ou oiseaux.

À retenir sur le système de culture pérenne

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|--|---|---|
| Plantations (café, cacao, hévéa, palmier, cacao, anacarde, manguier, agrumes, bananier, etc.) Pas de labour mais plutôt sarclages Litière au sol importante Système taungya Possibilités d'association d'autres cultures, arbres, élevage, apiculture ou héliiculture Utilisation d'insecticides | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Espèces animales diminuent si l'utilisation des insecticides n'est pas réglementée Positif <ul style="list-style-type: none"> • Conservation des sols, • Sols riches en matière organique • Augmentation de l'infiltration et de la capacité de rétention de l'eau, • Présence d'organismes et microorganismes sur et dans le sol • Présence d'insectes ou de mollusques | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Déséquilibre alimentaire pour certaines espèces animales (ex. insectes et oiseaux) Positif <ul style="list-style-type: none"> • Préservation des ressources en eau et en terres • Protection des cours et plans d'eau contre l'ensablement • Reconstitution partielle des niches et corridors écologique |

1.5.2.6. Le système agroforestier

Le système agroforestier est un système qui intègre les espèces forestières aux cultures annuelles ou pérennes. Il peut être intégré aux systèmes de cultures décrits ci-dessus. Le système agroforestier peut résulter :

- d'un défrichage qui garde sur la parcelle quelques pieds d'arbres d'utilité alimentaire, médicinale ou autre. C'est le cas du système agroforestier à base de baobab (*Adansonia digitata*), néré (*Parkia biglobosa*), karité (*Vitellaria paradoxa*) etc. en Afrique de l'Ouest ;
- d'une plantation de quelques pieds d'arbres sur la parcelle comme les avocats, ficus, ricin commun (*Ricinus communis*), pois d'Angole (*Cajanus cajan*) etc. au Rwanda, les agrumes et les manguiers au Togo et au Bénin ;
- d'une « Régénération Naturelle Assistée (RNA) »²⁴.

24 RNA (Régénération Naturelle Assistée) : une approche agro-forestière dont le but est de provoquer ou de stimuler la régénération naturelle d'espèces ligneuses à buts multiples et / ou leur développement et leur intégration dans l'espace agricole (champ) pour qu'elles puissent augmenter le rendement total de cet espace (UICN, 2009).



Figure 6 : Arbre de néné chargé de gousses dans un champ de cultures vivrières au nord du Bénin
Source : Mulindabigwi, V. 2009

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

- L'agroforesterie présente plusieurs avantages sur la parcelle :
- protection du sol contre l'érosion ;
- ombrage pour les cultures, les insectes et les oiseaux ;
- production de la litière qui restitue au sol la matière organique et les éléments minéraux ;
- recyclage des éléments minéraux dans les parties aériennes qui en se décomposant les restituent au sol ;
- amélioration du taux d'infiltration des eaux de pluies ;
- utilisation efficiente des ressources en eau et des éléments nutritifs du sol par la présence des systèmes racinaires différents ;
- création de microclimats sur la parcelle où les insectes et les oiseaux trouvent leurs habitats respectifs ;
- diversification des espèces végétales sur la parcelle ;
- diversification de l'alimentation aussi bien pour les êtres humains que pour les insectes et les oiseaux.

Par ailleurs, «des travaux scientifiques montrent que 90% des insectes auxiliaires doivent quitter au moins une fois dans leur vie les cultures qu'ils contribuent à protéger, ceci afin de pouvoir compléter leur cycle et de se maintenir dans l'agrosystème. Les habitats semi-naturels créés par les ligneux en bordure ou au sein des parcelles jouent donc un rôle fondamental en offrant refuge, zone de reproduction et d'hivernation à toutes ces espèces». Le système d'agroforesterie assure la diversité d'espèces végétales, de strates, d'âges et d'arrangements dans l'espace.



Figure 7: Le baobab dans le paysage du nord du Bénin et ses fruits illustre l'avantage d'une agriculture respectueuse de la biodiversité
Source : Mulindabigwi, V. 2009



Le système agroforestier s'adapte aux différents systèmes de culture, il contribue à la préservation des ressources en eau et en terre, restaure les habitats écologiques et contribue substantiellement à l'adaptation au changement climatique

Le système agroforestier est un des rares systèmes de culture qui améliore la productivité totale d'une parcelle tout en tempérant le micro-climat, en séquestrant le carbone, en stimulant et en diversifiant la faune et la flore, en régulant le cycle de l'eau et en conservant et en restaurant la fertilité des sols. «L'agroforesterie, en offrant une diversité accrue de niches écologiques, favorise le développement d'agrosystèmes sains, équilibrés et productifs». L'agroforesterie est actuellement

recommandée comme mesure d'adaptation au changement climatique et d'atténuation du changement climatique. Elle renforce également l'adaptation au changement climatique de la diversité biologique des espaces cultivés.

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Sur le paysage, le système agroforestier présente plusieurs avantages impactant positivement la biodiversité. C'est un système qui crée un microclimat susceptible de contribuer non seulement à enrichir la population des insectes et microorganismes mais également à diversifier les espèces végétales. Il est la niche écologique d'oiseaux, insectes,... et offre des zones de reproduction et d'hivernation. Par ailleurs, il permet de réguler le cycle de l'eau et de préserver les ressources en terres. Le système agroforestier peut cependant constituer la niche des espèces animales ravageuses des cultures causant des dégâts au niveau des productions agricoles. En cas d'association de l'élevage, le système agroforestier réduit la capacité de charge des pâturages et demande par conséquent plus d'espaces. Quel qu'il en soit, le bilan de système agroforestier est positif vis-à-vis de la préservation et de la restauration de la biodiversité.

À retenir sur le système agroforestier

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|---|--|---|
| Association des cultures et des arbres Arbres restés après défrichage ou plantés ou obtenus par régénération artificielle assistée | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compétition pour la lumière • Réduction des rendements des cultures • Habitat des espèces animales ravageuses des cultures <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ombrages pour les cultures contre les températures élevées, • Diminution de l'érosion du sol, • Augmentation de la capacité de rétention de l'eau par le sol, • Diminution de l'évaporation de l'eau du sol • Recyclage des éléments nutritifs du sol • Création de microclimats et de niches pour les insectes et les oiseaux • Diversité d'espèces végétales, de strates, d'âges et d'arrangements dans l'espace • Conservation de la fertilité des sols • Alimentation équilibrée des insectes et oiseaux • Production du bois (diversification des sources de revenus) | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habitat des espèces animales ravageuses des cultures • Réduction de la capacité de charge des pâturages (pour réduire les dégâts sur les arbres) <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microclimat tempéré • Refuge et zone de reproduction et d'hivernation • Diversité accrue de niches écologiques • Diversification de la faune et de la flore • Régulation du cycle de l'eau • Conservation et restauration de la fertilité des sols • Agrosystèmes sains, équilibrés et productifs |

1.5.2.7. Le système de culture irriguée

Le système de culture irriguée est un système qui se pratique généralement autour d'une seule culture de rente par exemple le riz. Face aux effets néfastes des changements climatiques, la culture irriguée compte parmi les mesures d'adaptation et son importance prend de plus en plus de l'ampleur. Les aménagements des terres pour l'irrigation sont particulièrement réalisés dans les bas-fonds ou les vallées. Le système de culture irriguée utilise différentes sources d'eau dont les plus importantes sont : rivières, lacs, terres humides, retenues d'eau ou barrages, eau de pluie temporairement stockée dans le sol ; eau souterraine ; eau recyclée. Particulièrement la petite irrigation, qui ne nécessite pas de gros investissements ni de gros travaux d'aménagement, est adoptée par les agriculteurs. Elle permet d'accroître significativement la productivité agricole au niveau de la parcelle. La culture irriguée tend à la spécialisation d'une seule culture que ce soit pour les grands ou les petits exploitants (diminution de la biodiversité). La tendance actuelle est de passer de l'agriculture de subsistance à l'agriculture commerciale caractérisée malheureusement par une érosion de la biodiversité.



Le système de culture irriguée permet d'accroître les rendements agricoles et de s'adapter au changement climatique mais constituer un handicap pour la biodiversité si les aménagements et les systèmes de cultures ne tiennent pas compte de la biodiversité

Impact sur la biodiversité au niveau du paysage

Selon le choix de la source d'eau d'irrigation, le système de culture irriguée présente des conséquences diverses sur la biodiversité. Les milieux aquatiques et leurs environs sont des écosystèmes et niches écologiques riches en biodiversité et jouent un important rôle dans le maintien des réseaux et maillages écologiques. Le système de culture irriguée occasionne des modifications négatives au niveau de ces milieux qui à leurs tours impactent négativement la biodiversité :

- la construction des retenues d'eau ou barrages inonde souvent de grandes surfaces et détruit par conséquent beaucoup d'espèces végétales et animales non aquatiques ;
- la déviation des lits des rivières ou la prise d'eau sur les rivières pour l'irrigation affecte négativement la biodiversité en aval de la rivière ;
- la prise d'eau pour l'irrigation dans les lacs risque de les assécher et de perturber leur équilibre écosystémique ;
- l'utilisation de l'eau souterraine pour irrigation pourrait affecter le niveau de la nappe phréatique et changer négativement la disponibilité des ressources en eau et le couvert végétal et partant diminuer les espèces végétales et animales.



Figure 8 : Parcelle de riz irrigué dans un bas-fond au nord du Bénin
Source : Mulindabigwi, V. 2010

Par ailleurs, le type d'irrigation utilisé, détermine également l'impact du système de culture irriguée sur la biodiversité. Selon FAO (1990), il existe plusieurs méthodes d'irrigation : irrigation par bassin, irrigation par sillons, irrigation par planches, irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte. Ces méthodes peuvent être à leur tour regroupées en trois principales catégories : irrigation gravitaire ; irrigation par aspersion ; irrigation localisée et micro-irrigation par le système de goutte-à-goutte. La salinisation des terres est l'une des conséquences du système de culture irriguée. Elle a pour principales conséquences la toxicité des végétaux et la dégradation des terres qui conduisent à la dégradation de la biodiversité.

Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Au niveau de la parcelle, la culture irriguée peut avoir différents impacts selon les techniques d'irrigation utilisées. L'irrigation par submersion réduit la diversité biologique au niveau du sol alors que l'irrigation goutte-à-goutte ou par aspersion peut par contre contribuer à l'amélioration de la diversité biologique.

À retenir sur le système de culture irriguée

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|---|---|---|
| <p>Généralement une seule culture (de rente)</p> <p>Durée de jachère inexistante ou très courte ($R > 70$)</p> <p>Faible pourcentage des terres irriguées</p> <p>Agriculture intensive avec utilisation des produits chimiques (engrais minéraux, pesticides etc.)</p> <p>Terres irriguées particulièrement dans les vallées et bas-fonds</p> <p>Provenance des eaux d'irrigation : rivières, lacs, terres humides, retenues d'eau ou barrages, eau de pluies stockée, eau souterraine et eau recyclée ;</p> <p>Types d'irrigation : par bassin, par sillons, par planches, par aspersion et l'irrigation goutte à goutte</p> | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salinisation conduisant à la stérilisation des terres se traduisant par la disparition des espèces végétales et animales (aussi bien aquatiques que terrestres) • Pollution des eaux souterraines et des cours d'eau si l'utilisation des produits chimiques n'est pas contrôlée, • Pertes d'eau énormes si les techniques d'irrigation sont inadéquates (40 à 60 % de l'eau d'irrigation est perdue en Afrique) • Assèchement de la parcelle si les aménagements ne sont pas bien faits. <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possibilités de diversification des productions agricoles (l'eau n'est plus le facteur limitant) • Augmentation de la productivité de la parcelle • Limitation des pertes de la production agricole due à la sécheresse • Adaptation au changement climatique | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destruction ou perturbation des écosystèmes • Destruction des niches écologiques des espèces végétales et animales • Assèchement des points d'eau (lacs, terres humides, rivières, eaux souterraines etc.) si le pompage d'eau est abusif ou si les aménagements sont mal faits • Pollution des eaux suite à l'utilisation des produits chimiques (ex. engrais minéraux, pesticides etc.) • Grandes consommations d'eau pouvant contribuer à l'accélération de la désertification et aux conflits entre utilisateurs des ressources en eau <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sécurité alimentaire des populations, • Développement socioéconomique de la zone • Adoption de mesures de gestion intégrée des ressources en eau pour préserver l'eau d'irrigation • Gestion intégrée des bassins versants restaure la diversité biologique |

1.5.2.8. *Le système de culture biologique*

Le système de culture biologique est un système qui n'utilise pas la plupart des produits chimiques de synthèse ni les organismes génétiquement modifiés par transgénèse. La fertilisation des sols se fait particulièrement à travers la matière organique en utilisant les engrais verts et/ou le compostage. Le couplage agriculture-élevage y est important pour produire du fumier de compost de qualité et en quantité. Par ailleurs, le système de culture biologique repose sur la rotation des cultures,

aux cultures de couverture ainsi qu'au travail réduit du sol. Celui-ci permet de réduire les émissions du carbone par la décomposition rapide de la matière organique contenue dans le sol. Quant à la protection des plantes contre les mauvaises herbes, contre les maladies ou les ravageurs, le système de culture biologique utilise les pratiques biologiques dont les plus importantes sont :

- utilisation des pesticides et herbicides biologiques ;
- utilisation des films écologiques biodégradables ;
- utilisation d'insectes ou microorganismes bénéfiques pour éliminer les prédateurs ;
- semis des plantes repoussantes etc.

Le système de culture biologique n'utilise pas de produits chimiques de synthèse ni les organismes génétiquement modifiés par transgénèse. Il contribue à préserver les ressources en eau et en terres. Cependant s'il est commercial, il privilégie la monoculture au dépend de la biodiversité



Impact sur la biodiversité au niveau de la parcelle

Au niveau de la parcelle, le système de culture biologique permet de préserver la fertilité du sol, la faune et la flore. Les ressources en eau et en terres n'y sont pas exposées à la pollution par l'utilisation des pesticides, insecticides ou engrais minéraux. Cependant, le système de culture biologique étant devenu économiquement rentable, les agriculteurs tendent à supprimer les rotations des cultures pour maximiser les revenus au dépend de la biodiversité.

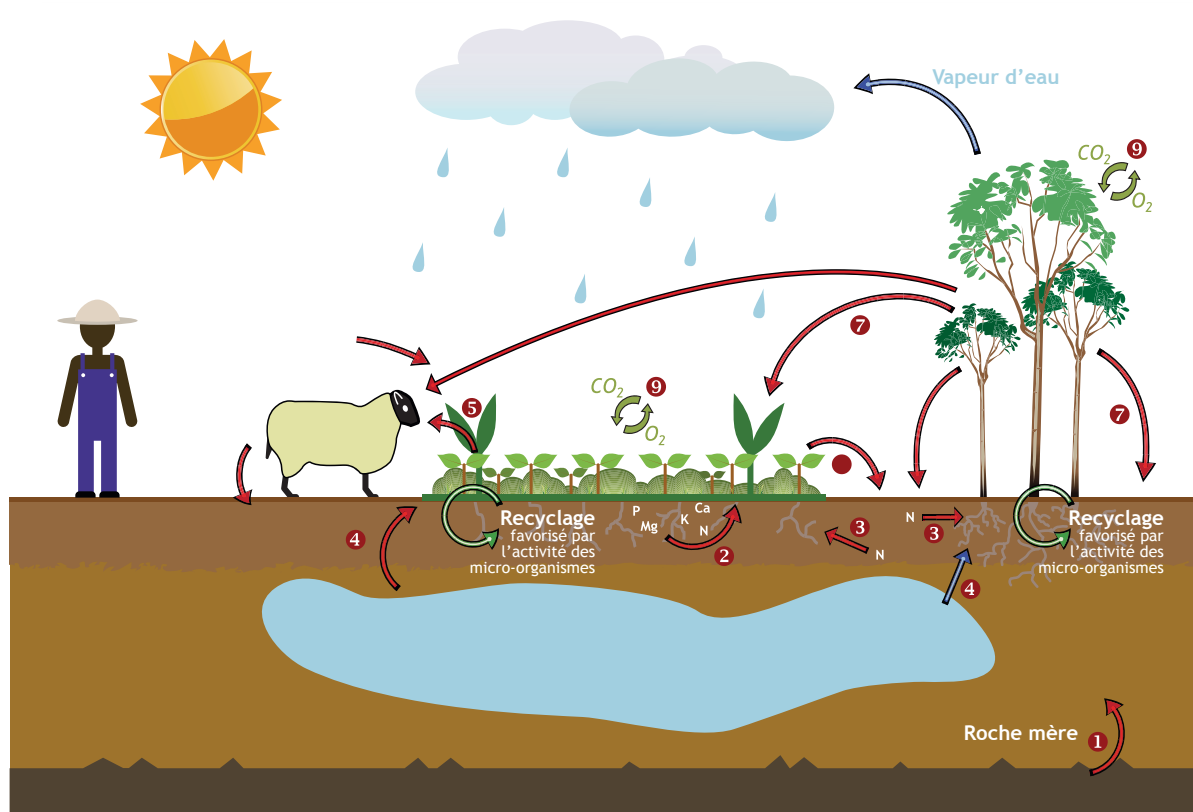
Au niveau du paysage, le système de culture biologique « ... permet une conservation et un renforcement de la biodiversité, favorise l'équilibre entre les parasites et les animaux utiles, réduit la pollution de l'environnement. Au niveau de la fertilité des sols, l'exigence des amendements organiques et du respect des rotations permettent d'entretenir durablement la fertilité des sols et d'assurer une production soutenue aussi bien des cultures de rentes que des cultures céréalières de rotation permettant un renforcement des moyens d'existence et d'adaptation aux effets de la désertification et du changement climatique » (UE, OSC et SPONG, 2012). Toutefois, compte tenu de ses rendements relativement moins élevés, l'agriculture biologique pourrait conduire à l'extension des superficies cultivées au dépend des formations naturelles, des jachères de longue durée ou des pâturages.

À retenir sur le système de culture biologique

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|--|---|---|
| Pas d'utilisation de produits chimiques de synthèse ni les organismes génétiquement modifiés par transgénèse Fertilisation des sols par la matière organique (engrais verts, compost) Couplage agriculture-élevage très important Rotation des cultures | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Rendements agricoles inférieurs à ceux de l'agriculture conventionnelle • Plus de main d'œuvre Positif <ul style="list-style-type: none"> • Moindre consommation d'eau et d'énergie • Préservation de la fertilité des sols, • Préservation des ressources en eau (qualitativement et quantitativement) • Préservation de la faune du sol, • Préservation de la diversité des insectes • Productions agricoles saines (les légumes contiennent plus de minéraux et de nutriments que les légumes issus de l'agriculture conventionnelle) | Négatif <ul style="list-style-type: none"> • Exploitation limitée de l'espace disponible pour permettre la rotation et la mise en jachère Positif <ul style="list-style-type: none"> • Rotations des cultures et les jachères • Préservation des ressources en eau et en terres • Préservation de la diversité des espèces animales • Productions agricoles saines • Création d'emplois dans la zone (exigeant en main d'œuvre) |

1.5.2.9. Le système de culture agroécologique

Le système de culture agroécologique est le système idéal pour garantir la durabilité de la production agricole et de la gestion des ressources en eau et en terres, la préservation et la restauration de la biodiversité. Contrairement à la culture biologique qui également respecte l'environnement mais se limite principalement à l'absence d'utilisation des produits chimiques de synthèse et des organismes génétiquement modifiés par transgénèse, le système de culture agroécologique repose en outre sur les rotations et les associations des cultures, l'agroforesterie ainsi que sur la mise en jachère des parcelles. C'est un système qui cherche à comprendre le fonctionnement de la nature, à reconstituer la complémentarité entre les arbres, les cultures, les animaux, les insectes, les microorganismes etc. sur la parcelle et dans le paysage.



Le Sol, l'Eau, la Plante, l'Animal et le Paysage sont en constante interaction :

Le sol est issu de l'altération de la roche mère et est façonné par l'Homme.

Le sol contient les éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante qui les assimile grâce à l'eau (rôle du système racinaire).

Les plantes de la famille des légumineuses fixent l'azote dans le sol.

L'eau présente dans le sous-sol permet l'irrigation des plantes et l'approvisionnement des plantes à enracinement profond.

La plante nourrit l'animal.

L'animal apporte de la matière organique (fumier) : il nourrit le sol qui nourrit la plante = recyclage.

Le paysage protège la plante (brise-vent) et nourrit le sol (apport de biomasse) qui nourrit les plantes = recyclage.

La plante protège le sol des effets du rayonnement solaire, des vents et des fortes pluies.

Les végétaux, par la photosynthèse, absorbent le gaz carbonique, séquestrent le carbone et dégagent de l'oxygène dans l'atmosphère.

Un sol protégé et enrichi en matière organique a une meilleure capacité de rétention en eau et une meilleure capacité de fixation des éléments nutritifs (2)...

Figure 9 : Les éléments et leurs interactions dans un agro-système

Source : AGRISUD INTERNATIONAL, 2010 ;

http://www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Le système de culture agroécologique est le système qui s'appuie sur le fonctionnement de la nature et cherche la complémentarité entre les cultures, les arbres, les animaux, les insectes, les microorganismes... aussi bien sur la parcelle que dans le paysage. Il est idéal pour la biodiversité

C'est un système qui cependant n'a pas connu d'appui technique et financier conséquent pour la promotion de son développement. Des efforts des gouvernements et des partenaires techniques et financiers ont particulièrement privilégié des cultures d'exportation, généralement des monocultures, (ex. banane au Cameroun, cacao au Ghana et en Côte d'Ivoire, café en Ouganda, noix de cajou au Mozambique et en Guinée, coton etc.) ou des cultures vivrières sans tenir compte de l'approche agroécologique. Avec la pression démographique croissante sur les terres et l'importance grandissante de l'intensification agricole par filière, le système de culture semi permanent polyculture proche du système de culture agroécologique cède de la place à d'autres systèmes de cultures qui dégradent la biodiversité. Pourtant, avec le système de culture agroécologique on pourrait également atteindre des rendements agricoles élevés tout en préservant la biodiversité (conservation du patrimoine semencier, reconstitution des niches écologiques, etc.). Par sa diversité de cultures au niveau de la parcelle et du paysage, le système agroécologique permet en outre de limiter (minimiser les risques) les chocs de nature économique et climatique. Par ailleurs, le fait de réduire l'utilisation des intrants externes (produits chimiques dont les engrais minéraux, les pesticides etc.) liés aux énergies fossiles, le système de culture agroécologique dispose d'une rentabilité élevée. Enfin, le système de culture agroécologique par sa diversité de productions procure aux communautés une indépendance alimentaire et une alimentation de qualité (équilibrée).



Figure 10: Principes de l'agroécologie
Source : 2010 (Altieri M.A., 1995; Gliessmann S., 1998)

À retenir sur le système de culture agroécologique

| Brève description | Impact sur la parcelle | Impact sur le paysage |
|---|--|---|
| <p>Association des cultures de différentes espèces, Association d'arbres, Couplage agriculture-élevage, Rotation des cultures Fertilisation organique Labour léger ou zéro labour, Absence d'utilisation des semences génétiquement modifiées, Complémentarité entre les cultures, les arbres, les animaux, les insectes, les organismes et les microorganismes</p> | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traitements phytosanitaires naturels souvent moins efficaces que les produits chimiques de synthèses (mais avantageux à moyen et long termes) • Rendements moindres des cultures prises individuellement (mais rendements totaux de toutes les cultures élevés) • Besoin d'une main d'œuvre importante <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lutte contre l'érosion des sols • Recyclage de la biomasse • Amélioration de la fertilité des sols • Réduction de l'utilisation des intrants artificiels néfastes à l'environnement • Amélioration de l'activité biologique du sol • Optimisation de l'utilisation de l'eau et des nutriments du sol • Lutte contre la dégradation des sols • Optimisation de l'utilisation des nutriments et des ressources en eau • Amélioration de la diversité d'espèces sur la parcelle • Synergies biologiques entre composantes de l'écosystème • Productions des cultures échelonnées dans le temps • Adaptation aux effets néfastes des changements climatiques | <p>Négatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besoin de grandes espaces (rotations, jachères etc.) <p>Positif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'utilisation des intrants artificiels néfastes à l'environnement • Lutte contre la désertification • Préservation de la biodiversité • Préservation des ressources en eau et en terres • Revalorisation des ressources naturelles et locales • Alimentation saine de la population • Augmentation de la résistance et de la résilience grâce à la rotation et l'association des cultures et au couplage agriculture-élevage • Sécurité alimentaire de la population • Stabilisation des populations dans leurs écosystèmes • Amélioration de la diversité génétique et d'espèces • Synergies biologiques entre composantes de l'écosystème • Création d'emplois |

1.5.3. Impact de la production des légumes et fruits sur la biodiversité

L'analyse de l'impact de la production des légumes et fruits dans beaucoup de pays ACP peut être appréhendée sous deux principaux angles : production pour l'autoconsommation et production commerciale.

La production des fruits et légumes pour l'autoconsommation s'intègre généralement dans les différents systèmes de production traditionnels mentionnés plus haut n'utilisant pratiquement pas d'intrants chimiques et caractérisés entre autres par la polyculture. Bien que l'objectif principal ne soit pas celui de vendre, les agriculteurs livrent sur les marchés locaux les surplus de la production des légumes et/ou fruits qui leur permettent d'améliorer leurs revenus agricoles. La production des légumes et fruits est généralement saine et compatible à la biodiversité mais soumise à beaucoup de limites et contraintes pour la production commerciale et surtout pour l'exportation.

La production commerciale des fruits et légumes est généralement intensive (utilisation des intrants chimiques, monocultures, etc.). Dans certains cas, elle est pratiquée dans des systèmes de cultures biologiques et dans de rares cas dans des systèmes de cultures agro-écologiques. La production des légumes est une grande consommatrice d'eau (ex. la tomate, la laitue, les choux feuilles et fleur, les amarantes, etc.) et d'intrants chimiques. Elle est par conséquent très susceptible de constituer un facteur important de dégradation de la biodiversité si les mesures visant les systèmes de production respectueuses de la biodiversité ne sont pas prises et appliquées. Pour le cas de la plupart des fruits, la production est pratiquée dans des systèmes de culture pérennes qui généralement sont positifs pour la biodiversité à condition que l'utilisation des intrants agricoles y soit réglementée.

1.6. RISQUES LIÉS À LA BIODIVERSITÉ

La biodiversité rend d'énormes services dans divers domaines dont en fait partie l'agriculture. Elle contribue à l'amélioration des rendements agricoles tout en contribuant à la réduction des coûts de l'exploitation agricole et au respect de l'environnement. Toutefois, dans certains cas elle génère des risques.

Comme agents responsables de ces risques, on peut citer : les ravageurs, les oiseaux, les singes, les hippopotames et les semences de mauvaises herbes. Les effets sont entre autres : la transmission de certaines maladies, la dévastation des cultures, la perte des récoltes, etc.

1.6.1. Maladies transmises par contact avec des animaux

Les animaux sauvages tout comme ceux domestiques peuvent transmettre de nombreuses maladies par simple contact, léchage (salive), griffures ou morsures :

- Pour certaines espèces (serpents, scorpions, batraciens, poissons, méduses,...), une envenimation sévère est également possible.
- La grippe aviaire (oiseaux, volailles,...) est un exemple récent de maladie émergente transmise à l'homme à partir d'un réservoir animal²⁵.
- La rage est une maladie virale qui provoque l'atteinte du système nerveux. Elle est mortelle si les mesures de vaccination curative ne sont pas prises rapidement.
- Quant aux rongeurs, ils peuvent transmettre à l'Homme ou aux animaux des maladies du rat à savoir : La leptospirose (parfois appelée «maladie du rat»), la salmonellose, la fièvre d'Haverhill (fièvre par morsure de rat), la tularémie, la méningite, des ténias (dits «vers solitaires»), la jaunisse infectieuse (ou ictère infectieux), la peste bubonique et des hantavirus²⁶. De même, Les campagnols et les mulots sont des rongeurs qui se nourrissent en partie des oiseaux. Ils sont vecteurs de l'hantavirose qui est un virus présent dans leurs urines, leurs excréments et leurs salives.
- Bien que les chauves chauves-souris soient les meilleurs mammifères par excellence pour la sauvegarde de la biodiversité, elles sont le réservoir de nombreuses maladies mortelles telles qu'Ébola, Marburg, rage pour l'Homme ou les animaux, dont certaines sont à l'origine d'épidémies dévastatrices.

25 <http://www.voyagezen.fr/risques-sanitaires-iles-canaries/>

26 <http://www.rentokil.fr/blog/9-maladies-transmissibles-vehiculees-par-les-rongeurs/>



Chauve-souris (a)



Rats des champs (b)



Campagnol roussâtre (c)

Figure 8: Quelques mammifères, vecteurs de transmission de maladies

Source : (a) Konaté et Kampmann (2010)

(b) <https://anipassion.com/rongeurs/conseils> / <http://www.nhe-services.fr/rongeurs>,

(c) https://moam.info/les-maladies-transmises-par-les-animaux-universite-libre-de-_59ee7b351723dd0530392288.html

Afin d'éviter ces contaminations, il faut se laver les mains, éviter autant que se eut tout contact avec ces animaux ; nettoyer et désinfecter toute surface contaminée ou qui aurait pu être contaminée par les rongeurs.

1.6.2. Destruction des cultures par les ravageurs²⁷

1.6.2.1. Définition d'un ravageur

Les ravageurs des cultures, appelés aussi « déprédateurs », sont des organismes animaux qui attaquent les plantes cultivées, ou les récoltes stockées, en causant un préjudice économique au détriment des agriculteurs. Les ravageurs peuvent provoquer des dégâts directs aux plantes cultivées par leur régime alimentaire (phytophage, xylophage, etc.) ou leur mode de vie parasite, ou indirects lorsqu'ils sont vecteurs de maladies, virales par exemple.

27 http://www.lespetitsdebrouillards.org/Media/prods/prod_1/Media/livret.pdf ;
<https://www.un-jardin-bio.com/rongeurs-au-jardin-potager-bio/>

Les ravageurs appartiennent à cinq embranchements : mammifères (principalement rongeurs), oiseaux, nématodes, arthropodes (principalement insectes et acariens) et mollusques.

Un «ravageur» est un animal considéré par les humains comme dangereux pour les cultures agricoles, pour les arbres et la végétation en général, à l'inverse par exemple d'un auxiliaire qui est bénéfique à la production agricole. Ce concept est très subjectif. En effet, le «ravageur» ou «nuisible» ne l'est que dans les contextes :

1. Où il s'attaque à des plantes utiles à l'homme (culture, plante ornementale, etc.)
2. Qui sont favorables à sa prolifération (absence de prédateur, plante-hôte ou proie immunitairement affaiblie ou sans défense face à un nouvel «agresseur»).

Si une plante est cultivée à grande échelle, l'espèce va profiter de cette concentration de la plante-hôte et voir la population se multiplier, donc porter atteinte au bénéfice de la production attendue par l'homme.

Certains animaux/insectes sont décrits comme «ravageurs» depuis plusieurs siècles alors que d'autres, nouvellement introduits hors de leur aire de répartition, sont en fait des insectes exotiques importés (accidentellement ou intentionnellement). N'étant pas accompagnés de leurs prédateurs, ni de leurs parasites naturels, certaines espèces peuvent adopter dans leur nouvel environnement des comportements nouveaux, beaucoup plus agressifs pour les cultures. S'ils pullulent sur de vastes territoires, on les classe dans les espèces invasives.

Exemple la subjectivité de la notion de ravageur : Le Phylloxéra

Un des cas les plus représentatifs de la «subjectivité» de cette notion de ravageur est le cas phylloxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*). Ce puceron des vignes s'attaque aux racines de la plante dont elle en suce la sève. Alors qu'en Amérique, son existence était passée inaperçue car les pieds de vignes américains sont résistants, son introduction en Europe au XIX^e siècle décima les vignobles pendant plus de 30 ans.

Introduit par des pépiniéristes ou expérimentateurs imprudents, il infesta progressivement les vignobles du monde entier malgré les mesures de protection imposées par les États. Les vigneronns durent revoir complètement leur système de reproduction des pieds de vigne. Au lieu d'utiliser des porte-greffes européens, ils furent obligés d'utiliser des porte-greffes américains, résistants à ce ravageur. De nos jours, le phylloxéra est encore présent dans une grande majorité des vignobles, mais les porte-greffes étant résistants, il ne figure plus au nombre des «ravageurs» contre lesquels il convient de lutter.

1.6.2.2. Cas des mammifères

En ce qui concerne les mammifères, les principaux ravageurs sont les rongeurs (rats des champs, campagnols de champs ou terrestre (rats-taupiers, mulots, taupes, lapins...) qui peuvent poser de nombreux problèmes dans les champs (carottes complètement dévorées, réduction de la récolte de pommes de terre,...) ou lors du stockage de la récolte. Ces ravageurs sont réguliers, mais aussi, parfois, soudains et dans ce cas très graves.



Lapin

Gerbille

Rat des champs

Lérot

Figure 9 : Quelques rongeurs nuisibles en agriculture

Source : <https://anipassion.com/rongeurs/conseils> / <http://www.nhe-services.fr/rongeurs>

Pour protéger les cultures et récoltes contre les rongeurs, l'une des méthodes ou la combinaison des méthodes ci-dessous pourront être employées en fonction des conditions particulières et du degré de nuisance :

- Les pièges à capture : les rongeurs sont capturés puis relâchés là où ils ne poseront pas de problème.
- Les ultra-sons pour éloigner les rongeurs : L'utilisation d'ultra-sons spécifiques est aussi une solution contre les problèmes de rongeur.

Il est également possible de faire appel à certains prédateurs naturels comme les chats ou moins apprécié mais tout aussi efficace, les couleuvres. Enfin, certaines plantes auraient des effets répulsifs sur les rongeurs comme *Fritillaria imperialis*, plante ornementale toxique et dont les bulbes dégagent une odeur désagréable.

1.6.2.3. *Cas des oiseaux*

Le bec des oiseaux présente des formes et des tailles en partie adaptées à un régime alimentaire (insectivore, granivore, frugivore, carnivore, herbivore, nectarivore, omnivore). Ainsi à la recherche de nourriture, certains d'entre eux consomment les semences des cultures, les graines, et les fruits, contribuant parfois à la dévastation des cultures alors que d'autres contribuent à la pollinisation ou interviennent dans la lutte biologique. De ce fait, il existe des conflits entre agriculteurs et cette faune sauvage.



HIRONDELLE
Insectivores



CHARDONNERET
Granivores



MERLE
Omnivores : graines, insectes,
vers de terre, de fruits



PERROQUET
Frugivores et granivores



COLIBRI
Nectarivores



CYGNE
Herbivores ; particules solides

Figure 10 : Quelques oiseaux en fonction de leur régime alimentaire
Source : http://www.lespetitsdebrouillards.org/Media/prods/prod_1/Media/livret.pdf

Pour limiter ces inconvénients, il est possible de :

- Procéder à leur capture ;
- Utiliser les rongeurs qui se nourrissent en partie des oiseaux ;
- Effrayer les oiseaux avec des dispositifs bruyants ou implanter des épouvantails (sculptures sous formes d'homme) dans les champs ;
- Réaliser des associations de cultures.

1.6.2.4. Cas des nématodes²⁸

Il existe de très nombreuses espèces de nématodes (plus de 27 000 espèces), qui sont des tout petits vers quasi microscopiques (0,5 à 3 mm) qui vivent dans le sol : certains sont de redoutables ravageurs qui s'attaquent aux plantes du potager, d'autres sont de précieux alliés pour décomposer les matières végétales du sol.

Ils s'attaquent à la plupart des plantes mais plus spécifiquement aux racines de tomates et aux pieds de pommes de terre. Ils provoquent le dessèchement des tiges et des feuilles. Ils sont néfastes pour le jardin mais pas faciles à éliminer de façon naturelle. Toutefois, il existe quelques moyens de lutte en utilisant des plantes nématicides dont les racines secrètent une substance chimique, le thiophène, qui inhibe la croissance de ces bestioles microscopiques. C'est le cas particulièrement de toutes les Tagetes, genre auquel appartient l'œillet d'Inde.

Cependant, il existe des nématodes utiles. Dans la nature, certains nématodes font partie des alliés souterrains qui ont un rôle de décomposeurs, transformant les matières végétales et animales mortes en terreau noir, appelé humus. Ils libèrent des éléments minéraux, particulièrement l'azote, nécessaires à la croissance des plantes. Avec d'autres petits êtres vivants comme les cloportes, les mille-pattes, les fourmis, les bactéries, etc, les nématodes vivent à quelques centimètres à peine de la surface. La mésofaune qu'ils constituent se retrouve aussi dans le compost où ils participent également au processus de décomposition.

28 <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1023-nematodes-ravageurs-redoutables-auxiliaires-precieux.html>

1.6.2.5. Cas des arthropodes²⁹

On estime que sur 500 000 espèces d'insectes avec régime phytophage, seuls 10 000 représentent un risque pour l'agriculture (Riba et Silvy, 1989).

Parmi les ravageurs « naturellement » présents, le criquet pèlerin est une locuste redoutée, très largement répandue dans le monde. En période d'invasion les essaims peuvent atteindre le sud de l'Europe, l'Afrique au nord de l'équateur et la péninsule Arabique et Indo-Pakistanaise. Il est inoffensif pour les cultures dans sa forme solitaire, mais peut être redoutable dans sa forme grégaire à cause de sa voracité, de la mobilité de ses populations, de l'immensité des zones concernées, du nombre considérable d'individus constituant un essaim. Par exemple, la dernière grande invasion de criquets pèlerins a duré deux ans de 2003 à 2005 et a dévasté des millions d'hectares dans 20 pays d'Afrique du Nord ; treize millions de litres de pesticides ont été nécessaires pour en venir à bout. Elle a coûté plus d'un demi-milliard de dollars et causé plus de 2,5 milliards de pertes de récoltes.



Figure 11 : Colonie de criquets pèlerins dévorant un champ de manioc
 Source : <http://cd.one.un.org/content/unct/rdc/fr/home/actualites/la-securite-alimentaire-de-plus-de-15-000-menages-menaces-en-itu.html>

29 https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Lambert_N__12-07-2010_.pdf

Outre les insectes, parmi les arthropodes nuisibles on retrouve les acariens. Ce sont des ravageurs importants de nombreuses cultures. Leur forte capacité de reproduction occasionne de graves dégâts en peu de temps. Dans bon nombre de cultures sous serre, l'acarien rouge *Tetranychus urticae* est le ravageur le plus souvent rencontré. En cultures de plein champ, d'autres espèces d'acariens peuvent aussi causer des dégâts.

1.6.2.6. Cas des mollusques³⁰

L'escargot et la limace sont deux mollusques gastéropodes terrestres qui possèdent un corps mou et deux paires de tentacules disposées sur la tête, l'une permet de détecter les odeurs, l'autre porte l'organe de la vue. Les contractions musculaires du pied ventral assurent le déplacement de ces mollusques qui secrètent un mucus, un lubrifiant qui facilite la locomotion et les protège également contre les infections bactériennes, virales, etc. Pour s'alimenter, ils se servent de leur langue dentée appelée radula. Ils mangent essentiellement des végétaux, avec une préférence pour les choux, les salades, les orties, etc. Hermaphrodites, ils ont à la fois un organe mâle et femelle, mais, ils se reproduisent en s'accouplant.

Particulièrement nuisibles lorsque les conditions climatiques sont humides, les escargots et les limaces dévorent les jeunes plantes, les fruits, les tubercules, les racines charnues, les feuilles. Ils provoquent d'énormes dégâts dans les cultures et les jardins. Voraces et prolifiques, ils laissent des trous, des découpes sur les feuilles, dans les végétaux consommables. Ces ravageurs dévastent les salades et trouent les surfaces foliaires des plantes cultivées et n'hésitent pas à grignoter les radis. Ils rongent également les tiges et les fleurs des plantes ornementales et potagères. L'action néfaste des escargots et des limaces causent ainsi des dommages perceptibles sur les plantes cultivées et sauvages.

Pour lutter efficacement et de façon écologique contre les escargots et les limaces, il existe des alternatives aux produits chimiques, notamment les plantes répulsives. Elles font fuir ces mollusques qui n'apprécient guère l'odeur qu'elles dégagent. Les cultures peuvent être ainsi entourées par des oignons, des civettes, des bégonias. L'odeur de l'ail et de la moutarde repoussent ou freinent l'avancée de ces ravageurs.

1.6.3. Les adventices

Les adventices ou mauvaises herbes sont des plantes qui poussent à des endroits où ils sont indésirables ou à des moments indésirables de la saison agricole. Au champ, les mauvaises herbes sont d'habitude indésirables parce qu'elles rivalisent avec la culture pour l'eau, les substances nutritives et les rayons solaires et empêchent donc la culture d'avoir une croissance idéale. Les mauvaises herbes peuvent également réduire directement les bénéfiques en gênant les opérations de récolte, en affectant la qualité de la récolte et en produisant des semences ou des rhizomes qui infestent le champ et par ricochet les cultures suivantes.

30 Source : Escargots et limaces, les Gastéropodes / Agroneo.

1.6.3.1. Mesures préventives et suppression des mauvaises herbes

Plusieurs mesures préventives peuvent être appliquées au même moment. L'importance et l'efficacité des différentes méthodes dépendent en grande partie du type de mauvaises herbes et des conditions environnementales. Cependant, quelques méthodes sont très efficaces pour une large gamme de mauvaises herbes et sont donc fréquemment utilisées :

1. Le paillage : les mauvaises herbes ont difficilement assez de lumière pour pousser, et peuvent ne pas être en mesure de passer à travers la couche de paillis. Le matériel végétal sec et dur qui se décompose lentement, a un effet plus long de protection que le matériel de paillis frais.
2. Les plantes de couverture : la couverture végétale lutte avec succès contre les mauvaises herbes pour la lumière, les substances nutritives et l'eau et aide donc à empêcher leur croissance en les privant de ressources nécessaires.
3. La rotation des cultures : la rotation est la mesure la plus efficace pour réguler les racines et les graines des mauvaises herbes. Le changement des conditions de culture interrompt le cycle de croissance des mauvaises herbes empêchant ainsi leur développement et leur diffusion.
4. La période et la densité de semis : a) La pression des mauvaises herbes pendant la période critique (stade juvénile de la culture) peut être réduite en choisissant une période de semis appropriée. b) On peut augmenter la densité de semis quand on s'attend à une forte pression des mauvaises herbes.
5. La fertilisation équilibrée : elle peut renforcer la vigueur de croissance de la culture, la favorisant ainsi au détriment des mauvaises herbes.
6. Les méthodes de travail du sol peuvent influencer la pression des mauvaises herbes aussi bien que leur diversité : a) Par exemple, des systèmes de labour minimal peuvent augmenter la pression des mauvaises herbes en particulier les espèces stolonifères b) Etant donné que les graines des mauvaises herbes peuvent germer pendant la période comprise entre le travail du sol et les semis, le sarclage avant les semis peut être efficace pour réduire la pression des mauvaises herbes. c) L'utilisation du chaume (portion de la tige des céréales qui reste sur pied après la récolte) superficiel est efficace contre les mauvaises herbes persistantes. Il doit cependant être fait dans des conditions sèches afin de permettre aux racines des mauvaises herbes qui ont été ramenées à la surface de se dessécher.
7. Empêcher la propagation des mauvaises herbes en les éliminant avant la dispersion des graines.
8. Réduire le risque de l'infestation des cultures par les graines des mauvaises herbes en évitant l'introduction des graines de mauvaises herbes dans les champs par le biais des outils ou des animaux.
9. L'application de fumier et de compost non ou mal fermentés peut être une source de contamination avec des mauvaises herbes.

Encadré 4 : Exemple d'adventice redoutable en Afrique : Le *Striga* sp., l'herbe sorcière

Une superficie totale de 48 millions d'hectares de régions céréalières en Afrique est potentiellement menacée par les mauvaises herbes du genre *Striga* (herbe sorcière). Le *Striga* parasite les céréales telles que le maïs, le sorgho, le mil et le riz. Après sa germination, le *Striga* pénètre dans la racine d'une plante hôte pour en prélever des substances nutritives. Il cause ainsi des dégâts significatifs que l'on peut remarquer par la décoloration progressive des feuilles. Ces effets négatifs diminuent les rendements de 30 à 75%.

Pendant une longue période, le *Striga* a été un casse-tête pour les agriculteurs du Sahel, où les sols sont souvent pauvres et donc susceptibles d'être envahis par cette mauvaise herbe. La graine de *Striga* mûrit 2 à 3 mois après la récolte de la culture principale (semée pendant la saison pluvieuse). Un agriculteur inexpérimenté pourrait tolérer des plantes de *Striga* dans son champ pendant les jachères. Mais ces plantes deviendront une source d'infestation par la propagation de leurs graines par le vent. Les agriculteurs sont souvent contraints d'abandonner leurs champs car les infestations sont devenues si sévères que toute tentative de cultiver devient futile.³¹



31 Des informations complémentaires peuvent être consultées dans le manuel du COLEACP : «Gestion intégrée des bioagresseurs.».

1.7. ANNEXES

ANNEXE 1 : EXEMPLE DE TEXTES JURIDIQUES ET RÉGLEMENTAIRES (CAS DU BÉNIN)

A1. Concernant les ressources animales (espèces sauvages/animales,...)

- Loi N° 87-013 du 21 septembre 1987 portant réglementation de la vaine pâture, de la garde des animaux domestique et la transhumance.
- Loi N° 87-014 du 21 septembre 1987 portant réglementation de la protection de la nature et de l'exercice de la chasse en République Populaire du Bénin (Abrogée par la Loi 2002-16 du 18 octobre 2004.
- Loi N° 87-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin.
- Loi N° 93-011 du 3 août 1993 portant conditions de l'exercice de la Chasse et du Tourisme de Vision en République du Bénin.
- Loi N° 2002-16 du 18 octobre 2004 portant régime de la faune en République du Bénin.
- Loi-cadre N° 2014-09 du 07 août 2014 relative à la pêche et l'aquaculture en République du Bénin.
- Décret N° 83-204 du 31 mai 1983 portant adhésion de la République Populaire du Bénin à la Convention de Bonn sur la Conservation des Espèces Migratrices appartenant à la Faune Sauvage conclue le 23 juin 1979.

A2. Concernant les ressources en eau

- Loi N° 2010-44 portant gestion de l'eau en République du Bénin.
- Lois N° 2013-01 du 14 janvier 2013 portant code foncier et domanial en République du Bénin.
- Loi n° 98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin.
- Loi n° 2013-01 du 14 août 2013 portant code foncier et domanial en République du Bénin.
- Décret N° 82-435 du 30 décembre 1982 portant interdiction des feux de brousse et des incendies de plantation en République du Bénin.
- Décret N° 2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin.
- Décret N° 2001-109 du 4 avril 2001 fixant les normes de qualité des eaux résiduaires en République du Bénin.
- Décret N° 2011-671 du 5 octobre 2011 fixant les procédures de délimitation des périmètres de protection.

A3. Concernant les ressources en terres

- Loi N° 87-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin.
- Lois N° 2013-01 du 14 janvier 2013 portant code foncier et domanial en République du Bénin.
- Loi n° 2013-01 du 14 août 2013 portant code foncier et domanial en République du Bénin.
- Décret N° 82-435 du 30 décembre 1982 portant interdiction des feux de brousse et des incendies de plantation en République du Bénin.
- Décret N° 85-291 du 23 juillet 1985 portant institution de la Journée Nationale de l'Arbre.
- Décret N° 96-271 du 2 juillet 1996. Décret d'application du régime forestier.

ANNEXE 2 : INTERRELATION ENTRE L'AGROBIODIVERSITÉ ET LA BIODIVERSITÉ SAUVAGE



REPUBLIQUE DU BURUNDI MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE PLAN D'INTEGRATION DE LA BIODIVERSITE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

I.3. Interrelation entre l'agrobiodiversite et la biodiversite sauvage

I.3.1. *Interrelations avantageuses*

Les agroécosystèmes et écosystèmes naturels entretiennent des relations intimes à travers des services écologiques que chaque système rend à l'autre. En effet, les agroécosystèmes, du fait de leurs services de protection des sols et des eaux, participent dans la l'atténuation de l'érosion et de la sédimentation nuisibles à la biodiversité aquatique. Les agroécosystèmes ont permis également la conservation de la biodiversité devenue rare en milieux naturels et facilitent aussi le maintien et l'entretien des microorganismes du sol qui ne pourraient exister sans activités agricoles. Plusieurs espèces animales sauvages vivent au dépend de l'agriculture. Tels sont notamment les oiseaux frugivores constamment observés en milieux agricoles. De son tour, la biodiversité sauvage joue un rôle prépondérant en faveur de l'agrobiodiversité. En effet, les écosystèmes naturels procurent de nombreux services écologiques à l'origine du maintien des systèmes agricoles. On citerait notamment les organismes du sol qui fertilisent le sol tels les vers de terre, les rhizobiums, etc. La FAO (2007) estime que sur les quelques 100 espèces culturales qui assurent 90% des approvisionnements alimentaires de 146 pays, 71 sont pollinisées par les abeilles essentiellement celles sauvages, et plusieurs autres par les thrips, guêpes, mouches, coléoptères, phalènes et autres insectes. Il est aussi connu que les écosystèmes forestiers jouent un grand rôle dans la régulation climatologique et hydrologique indispensable à la production agricole. On citerait le cas de la forêt de la Kibira qui est une source d'alimentation en eau pour les terres agricoles sur une vaste étendue du pays. La plaine de l'Imbo reçoit d'énorme quantité d'eau en provenance de la forêt de la Kibira. La riziculture irriguée est le type de culture le plus répandu et intensif dans cette partie de la plaine et la disponibilité en eau est le facteur primordial de la production rizicole. Les plantations théicoles en bordure de la Kibira bénéficient du microclimat engendré par cette forêt ombrophile de montagne. Une étude faite sur un terroir théicole de la crête Congo-Nil au Rwanda a montré que pour avoir un thé de bonne qualité, il faut un climat humide, un ensoleillement de 5 heures minimum par jour, une humidité de l'air comprise entre 70 et 90%, des pluies abondantes et régulières toute l'année avec une moyenne d'environ 1500 mm, l'idéal se situant entre 2500 et 3000 mm/an (<http://www.fao.org>). Or, la forêt de la Kibira est localisée sur la même crête Congo-Nil où règne l'ensemble des facteurs naturels favorables pour une production du thé de qualité.

1.3.2. Interrelations négatives

Les relations non amicales entre l'agrobiodiversité et la biodiversité sauvage résident dans les pratiques agricoles que l'homme utilise devenant finalement nuisibles à la vie sauvage. On assiste ainsi à la dégradation de la biodiversité sauvage en faveur, tout au moins à court terme, à l'agrobiodiversité. Les interrelations négatives sont manifestent ainsi par :

- L'agriculture et le surpâturage sur des terres sans dispositifs de protection à l'origine de la pollution des eaux et de la perte de la biodiversité aquatique ;
- Le défrichement cultural et culture sur brûlis pour respectivement agrandir et fertiliser les sols, se soldant ainsi par la réduction des écosystèmes et leurs services écologiques ;
- L'utilisation des produits toxiques dans les exploitations agricoles détruisant ainsi le reste des organismes vivants ;
- L'introduction des Organismes génétiquement modifiés pouvant contaminer les organismes sauvages ;
- L'utilisation des engins prohibés dans la pêche avec comme conséquence la diminution de la production halieutique et la perte des espèces.

Chapitre 2

Méthodes d'évaluation de la biodiversité (divers niveaux)

| | |
|--|-----|
| 2.1. Biodiversité appliquée à l'échelle d'une exploitation | 76 |
| 2.2. Étendue et niveau de précision de l'évaluation | 87 |
| 2.3. Les indicateurs | 96 |
| 2.4. Les méthodes d'évaluation de la biodiversité | 112 |
| 2.5. Conclusions et recommandations | 151 |
| 2.6. Annexes | 153 |

2.1. BIODIVERSITÉ APPLIQUÉE À L'ÉCHELLE D'UNE EXPLOITATION

2.1.1. Biodiversité domestique et sauvage

Au sein d'une exploitation, on peut considérer la diversité au niveau des espèces et la diversité des paysages. Au regard des espèces, on distingue deux types de biodiversité : la biodiversité domestique et la biodiversité sauvage.

i. La biodiversité domestique

Elle regroupe l'ensemble et la richesse des espèces et des sous-espèces (races, variétés) domestiquées par l'Homme et ayant été soumises à sa sélection. Le terme de « biodiversité domestique » est aussi utilisé pour exprimer la régression de la diversité des espèces cultivées et élevées depuis quelques années à l'échelle planétaire.

ii. La biodiversité sauvage

Elle est présente spontanément, n'est souvent pas directement gérée par l'Homme mais est grandement influencée par ses activités. La biodiversité sauvage peut être remarquable ou ordinaire. Elle est remarquable lorsqu'elle est faite d'organismes vivants et habitats rares ou menacés de disparition. Elle peut être soumise dans ce cas à des réglementations. Dans le cas contraire elle est dite ordinaire. C'est la biodiversité sauvage qui joue de nombreux rôles dans le maintien des équilibres des écosystèmes (production d'oxygène, fixation du CO₂, régulation des températures...). Elle assure, entre autres, de nombreuses fonctions écologiques pour l'agriculture (fertilité des sols, épuration des eaux, lutte contre les bio agresseurs, pollinisation, cadre de vie). Ainsi vue sous l'angle de ses fonctions écologiques, elle est désignée sous le nom de biodiversité fonctionnelle.

Plusieurs publications scientifiques montrent l'importance de la mosaïque paysagère dans la conservation de la biodiversité des zones agricoles. Cette hétérogénéité repose sur la diversité des cultures présentes, mais aussi et surtout sur la présence de milieux naturels et semi-naturels tels que les haies, les bordures de parcelles non traitées ni fertilisées, les bosquets, les surfaces en herbes non fertilisées ni traitées. C'est ce que l'on appelle les IAE (Infrastructures Agro-Ecologiques), surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) ou aussi biotopes. Ceux-ci contribuent à la diversité des espèces sauvages qu'elles soient fonctionnelles ou non. Toute exploitation devrait comporter des IAE en nombre (% de la surface de l'exploitation) et qualité suffisante.

Les surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) sont utiles car de nombreuses espèces de plantes et d'animaux ne peuvent plus survivre sur les surfaces agricoles exploitées de manière intensive. Les SPB servent à maintenir et entretenir dans les règles de l'art les milieux proches de l'état naturel encore existants. S'il n'y a pas de milieux appropriés sur l'exploitation, de nouveaux doivent être créés. Les SPB sont exploitées et entretenues de manière extensive afin de conserver les plantes caractéristiques des prairies, des pâturages, des bosquets et des champs et afin que les animaux sauvages disposent de conditions de protection et d'alimentation idéales³².

32 La biodiversité sur l'exploitation agricole - Guide pratique - FIBL 2016.

La figure 1 illustre ces différents types de biodiversité



Figure 1 : Différents types de biodiversité (Source : Tech&bio, 2015)³³

L'agriculture peut contribuer à créer de la biodiversité et/ou à la conserver. À l'échelle de l'exploitation par exemple, si les conditions sont connues et respectées, il est possible, via des aménagements et des pratiques adéquates, d'avoir dans une certaine mesure les trois niveaux de la biodiversité décrits au début de ce chapitre (diversité génétique, diversité des espèces (ou spécifique), diversité des écosystèmes (ou des milieux)). Ceci sera abordé plus en détails dans les autres chapitres du manuel.

À titre d'exemple, la ferme Agroécologique de ARFA (Association pour la Recherche et la Formation en Agro-écologie) située dans le village de Natiaboani à 45 km de Fada N'Gourma au Burkina Faso. Cette ferme au départ s'est installée sur une zone aride en 1996. Grâce aux pratiques agroécologiques, cette zone jadis aride et quasi désertique s'est transformée en un véritable réservoir de biodiversité.

33 Tech&bio, 2015: Biodiversité (Poster)
<https://www.tech-n-bio.com/>

En effet au niveau du nombre de d'espèces animales et végétales on peut distinguer les espèces sauvages des espèces domestiques. Sur la ferme les espèces domestiques correspondent :

- aux plantes cultivées : céréales (mil, maïs, riz), légumineuse (niébé, arachide), oléagineuse (sésame), légumes (tomate, poivron, haricot vert, piment) ;
- aux arbres fruitiers et non fruitiers : manguier, papayer, pomme du sahel, citronnier, moringa, *Acacia nilotiqua*, *Acacia albida* ;
- aux animaux : volaille (poules, pintades, canard, oie), mammifères (bœufs, moutons, chèvres, ânes, porcs).

Quant aux espèces sauvages on distingue :

- les plantes non cultivées : plusieurs types d'herbacés, et près de 80 espèces de ligneux recensés ;
- des animaux sauvages : lièvre, écureuil, singe, varan, perdrix, etc.

Au niveau de la diversité des milieux, différents milieux s'imbriquent et permettent des flux d'espèces. Ce foisonnement de la vie est dû aux pratiques agroécologiques qui intègrent une gestion des ressources naturelles à travers :

- la mise en place d'un dispositif antiérosif végétalisé formant des couloirs de culture ;
- l'affectation des terres selon leurs aptitudes agricoles ;
- l'intégration des systèmes de production agro-sylvo-pastorales pour l'amélioration des rendements et pour une meilleure gestion des ressources naturelles ;
- l'aménagement des zones de pâture pour petits ruminants ;
- la valorisation des ressources locales (compostage des sous-produits) ;
- la création d'un parc agro-forestier ;
- la création d'une réserve forestière ;
- la collecte des eaux de pluies et leur utilisation économe dans les activités de production agro-pastorales.

Au niveau génétique, les différents aménagements et pratiques ont généré au fil des ans de nouvelles espèces et au sein des espèces des variétés de plantes et des races d'animaux domestiques et sauvages contrastant avec le voisinage immédiat de la ferme.

2.1.2. Pourquoi évaluer le « niveau » de biodiversité dans une exploitation agricole

Quand les terres agricoles occupent une part importante des surfaces d'une région, l'agriculture doit être considérée comme le premier facteur anthropique contrôlant la biodiversité.

En Afrique du Sud 80 % des terres sont agricoles (69 % en pâturage), l'entretien de la santé des écosystèmes est donc dans les mains des agriculteurs sud-africains.³⁴



Dans ces régions, les zones agricoles recèlent une part importante de la biodiversité sauvage, qu'elle soit « ordinaire » ou « remarquable ».

Au niveau européen, 46 % des habitats naturels d'intérêt communautaire et 173 espèces d'oiseaux prioritaires se situent dans des zones agricoles.



En France, 90 % des espèces végétales protégées sont liées aux activités agricole.

On observe souvent un déclin de la biodiversité associée aux terres agricoles, en lien avec la modernisation agricole de ces dernières décennies. Celle-ci a conduit à une spécialisation des productions à l'échelle des exploitations et des régions, et à une modification importante des modes de production. Il y a eu une intensification des terres productives : recours massif aux engrais de synthèse, aux produits phytosanitaires et remembrement facilitant la mécanisation. Ces transformations ont eu un impact négatif sur la biodiversité et ont notamment entraîné une perte et une dégradation conséquente des milieux semi-naturels des zones agricoles et pastorales.

Les arguments en faveur du maintien et/ou de l'amélioration de la biodiversité ont déjà été présentés au chapitre 1. Ci-après nous présentons les 4 principales raisons pour lesquelles il est utile d'évaluer le niveau de la biodiversité dans une exploitation agricole :

1. Les bénéfices agronomiques
2. Les obligations réglementaires
3. Les exigences du secteur agroalimentaire
4. L'image du producteur face à l'opinion publique

34 http://biodiversityadvisor.sanbi.org/wp-content/uploads/2012/11/GreenChoice_Living_Farms_Reference.pdf

2.1.2.1. Les bénéfiques agronomiques

Les **services écosystémiques de régulation et de soutien** fournis par des éléments de biodiversité ont une importance capitale pour assurer la **durabilité des exploitations agricoles**. L'agro-biodiversité dite fonctionnelle est considérée en agriculture comme utile. Elle est constituée de plantes, d'animaux, de bactéries et de champignons vivant au-dessus du sol ou dans le sol. En ce sens, la production alimentaire et la biodiversité sont inextricablement liés.

Par exemple la vie et la biodiversité dans le sol sont souvent négligées alors qu'elles sont très importantes pour la production agricole car elles rendent disponibles les minéraux et nutriments importants à la croissance des plantes, facilitent la circulation de l'air et l'infiltration de l'eau et elles peuvent supprimer certains bio agresseurs.

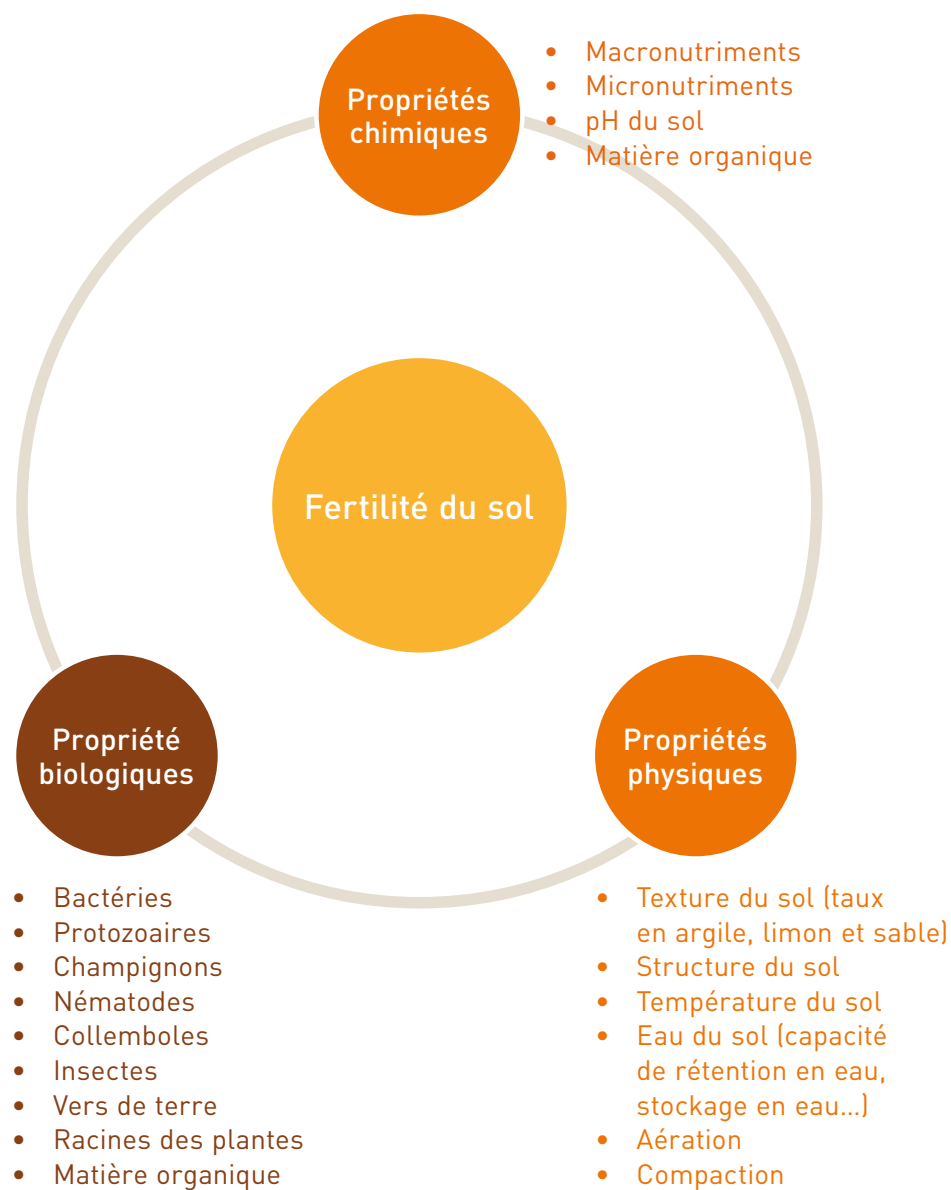


Figure 1 : Les 3 facteurs de la fertilité des sols

Source : Adapté de Functional agrobiodiversity - Nature serving Europe's farmers - 2012 European Learning Network on Functional AgroBiodiversity (ELN-FAB)

Connaître et évaluer l'agro-biodiversité sur une exploitation, et savoir comment l'utiliser sans l'épuiser peut apporter plusieurs bénéfices agronomiques pour le producteur, par exemple :

- Utiliser la diversité permet aux producteurs de réduire la pression exercée par les bioagresseurs sur les cultures sans recourir à des Produits de Protection des Plantes.
- Donner plus d'options de culture et ainsi aider à réduire les effets néfastes des conditions climatiques extrêmes comme sécheresses et inondations.
- Permettre au sol d'avoir le temps de se régénérer et de rester en bonne santé dans la durée.

2.1.2.2. *Les obligations réglementaires*

Les réglementations protégeant les espèces sauvages et les milieux naturels ont été abordées au chapitre 1 de ce manuel.

Le maintien et la promotion de la biodiversité au niveau des exploitations peuvent également être une obligation réglementaire et il est donc nécessaire de pouvoir mettre en évidence que l'exploitation tient compte des textes applicables notamment pour obtenir des aides et subsides.

Quelques exemples de réglementations en faveur de la biodiversité en France³⁵ :

- **La réglementation des Surfaces Équivalentes Topographiques (SET)**

Depuis 2010, des nouvelles règles de Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE) sont en vigueur. Parmi ces règles, la mesure n°7 concerne directement le « maintien des particularités topographiques » (autre formule pour parler des éléments semi-naturels). Cette mesure impose aux agriculteurs d'avoir sur leur exploitation une présence minimum (mesurée en % de la Surface Agricole Utile (SAU)) d'infrastructures écologiques : 5 % actuellement.

- **La directive nitrate et son 4^{ème} programme d'action**

Les règles relatives à la « gestion adaptée des terres » imposent 100 % de couverture hivernale des sols ce qui peut, sous certaines conditions, présenter de nombreux bénéfices pour la biodiversité.

- **Arrêté du 28 novembre 2003 (JO du 30 mars 2004) relatif aux conditions d'utilisation des insecticides et acaricides à usage agricole en vue de protéger les abeilles et autres insectes pollinisateurs**

Ce texte précise les obligations des applicateurs quant à l'utilisation des insecticides et acaricides en période de fréquentation des cultures par les pollinisateurs (emploi de produits avec mention, absence d'abeilles pendant le traitement).

2.1.2.3. Les exigences du secteur agroalimentaire

Au-delà des exigences réglementaires, la production agricole fait face à une **exigence sociétale** forte concernant les questions environnementales. De nombreuses initiatives sont lancées pour tenter de répondre à cette demande croissante des consommateurs. Par exemple, certains opérateurs commercialisant les produits agricoles exigent des agriculteurs le respect de **cahiers des charges visant le développement durable** et intégrant un volet « **biodiversité** ». La mise en œuvre de ce volet biodiversité oblige l'exploitant agricole à réaliser un diagnostic (une évaluation) et un plan d'action pour préserver et/ou améliorer la biodiversité³⁶.

On peut considérer que **le secteur agroalimentaire**, est un levier majeur pour faire évoluer les pratiques en faveur de la biodiversité. En effet, dans un contexte où la perte de biodiversité est l'un des principaux défis de notre époque, l'industrie agroalimentaire, via ses filières d'approvisionnement, représente une immense opportunité pour endiguer cette perte et maintenir les services écosystémiques qui en dépendent (pollinisation, régulation naturelle des bioagresseurs, fertilité des sols...) à l'échelle des exploitations et des territoires agricoles.



Parmi les nombreuses initiatives on peut citer le Projet européen **Life Biostandards**³⁷ - **La biodiversité dans les marques et labels du secteur agroalimentaire**

36 Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon | SupAgro Florac, Diagnostic de biodiversité des exploitations agricoles en Languedoc-Roussillon – Manuel adapté dans le cadre du projet Ecodiag Leonardo Da Vinci transfert d'innovation workpackage N°3.

37 <https://solagro.org/travaux-et-productions/references/life-biostandards--la-biodiversite-dans-les-marques-et-labels-du-secteur-agroalimentaire>

Ce projet vise à préserver la biodiversité liée aux productions agricoles, en améliorant la prise en compte de la biodiversité dans les marques, labels et certifications de l'industrie agroalimentaire comme Global G.A.P., LEAF (Labeling Ecologically Approved Fabrics), EU Organic Farming, FSC, PEFC, Fair trade, UTZ certified, Rainforest Alliance, SAI platform, Naturland, RSPO...

Une étude réalisée en 2017 dans le cadre de ce projet précise que seul un référentiel sur deux définit clairement la biodiversité et les termes qui lui sont liés et qu'il y a des marges de progression importantes pour améliorer l'efficacité et la vérifiabilité des critères et/ou exigences. D'autre part, moins d'un quart des référentiels ont fait le choix de se référer aux conventions internationales (CDB et CITES) et à la séquence «éviter / réduire / compenser»³⁸. Idéalement, les standards privés devraient suivre cette réglementation et dans certains cas, aller au-delà (bonnes pratiques environnementales).



LIFE supporte d'autres initiatives comme «Biodiversity in Standards and Labels of the Food Sector» mise en place par un consortium d'organisations et de sociétés de différent pays européens.

Cette initiative donne des recommandations et des informations comme le document Easy Guide³⁹ qui est particulièrement destiné aux responsables qualité et achats des sociétés qui achètent des denrées alimentaires mais qui est intéressant à connaître pour les producteurs afin de savoir quels sont ou seront les exigences des acheteurs.

38 La séquence «éviter, réduire, compenser» (ERC) a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/eviter-reduire-et-compenser-impacts-sur-lenvironnement>

39 http://www.business-biodiversity.eu/37564/Top-Metanavigation/Publications/Easy-Guide/ebbc_index01.aspx?addhilite=easy&addhilite=guide

2.1.2.4. *L'image du producteur face à l'opinion publique*

En dehors des exigences des référentiels réglementaires ou privés ; il est important pour les agriculteurs de montrer à **l'opinion publique** qu'ils tiennent compte de la biodiversité dans le choix de leurs pratiques. En effet l'agriculture est souvent, à tort ou à raison, pointée du doigt par l'opinion publique comme facteur important de l'intoxication de la population ou de la dégradation des paysages et de la biodiversité. La biodiversité, doit donc aussi être considérée aussi comme un **atout marketing**⁴⁰. De nombreux consommateurs sont soucieux de la protection de l'environnement. Ils apprécient lorsque les agriculteurs agissent dans le respect de la nature et favorisent délibérément la biodiversité. Ils sont alors prêts à payer un prix plus élevé pour les produits de la ferme. Un aménagement naturel des alentours de la ferme est aussi une bonne carte de visite pour ceux qui organisent des activités agrotouristiques.

Plusieurs fournisseurs d'intrants ont compris l'importance de l'image face à l'opinion publique. Ils ont donc développé des programmes de soutien à la biodiversité et travaillent étroitement avec les agriculteurs pour la promouvoir dans les exploitations. À noter cependant que ces firmes ont souvent comme argument que la meilleure façon de protéger la biodiversité sauvage est de réduire la perte des espaces sauvages en augmentant la productivité à l'hectare, notamment par l'utilisation rationnelle de leurs intrants. Plus de rendement implique moins de terres à cultiver donc plus d'espaces pour les écosystèmes naturels⁴¹. On pourrait rétorquer que la gestion de la biodiversité ne peut pas se limiter à éviter que les espaces sauvages forestiers ou autres ne soient détruits pour faire place à des cultures ; en effet la biodiversité à maintenir et restaurer est aussi celle des espaces se trouvant au sein même des exploitations agricoles. D'autre part les intrants ne sont pas le seul moyen pour améliorer la productivité à l'hectare, la dégradation des sols et la pression parasitaire peuvent être évité par d'autres moyens décrits dans ce manuel et d'autres manuels du COLEACP.

À noter que les vendeurs de technologies post-récolte ont souvent des arguments comparables : des infrastructures comme les chambres froides permettent de réduire les pertes post-récolte, donc pour une même surface cultivée on « commercialise » plus ; ce qui réduit la déforestation et la mise en culture de nouvelles terres inexploitées.

Ces sociétés mènent, souvent en partenariat avec d'autres fournisseurs d'intrants et de matériel agricoles, plusieurs actions en s'appuyant sur un réseau de fermes volontaires. Par exemple en Europe :

- Le développement dans les exploitations de bandes fleuries qui sont favorables aux pollinisateurs (abeilles...) et aux auxiliaires des cultures (insectes utiles).
- L'appui à la définition des indicateurs permettant d'évaluer de manière pertinente la richesse de la biodiversité des différents écosystèmes agricoles.
- L'établissement de liste non exhaustive d'aménagements ou de pratiques culturales qui permettent d'améliorer la biodiversité sur une exploitation.

40 La biodiversité sur l'exploitation agricole - Guide pratique – FIBL, Station ornithologique suisse – 2016 - <http://www.fibl.org/fileadmin/documents/fr/actualites/2016/guide-biodiv-prevue.pdf>

41 <https://croplife.org/news/plant-science-protects-biodiversity-with-best-land-use/>

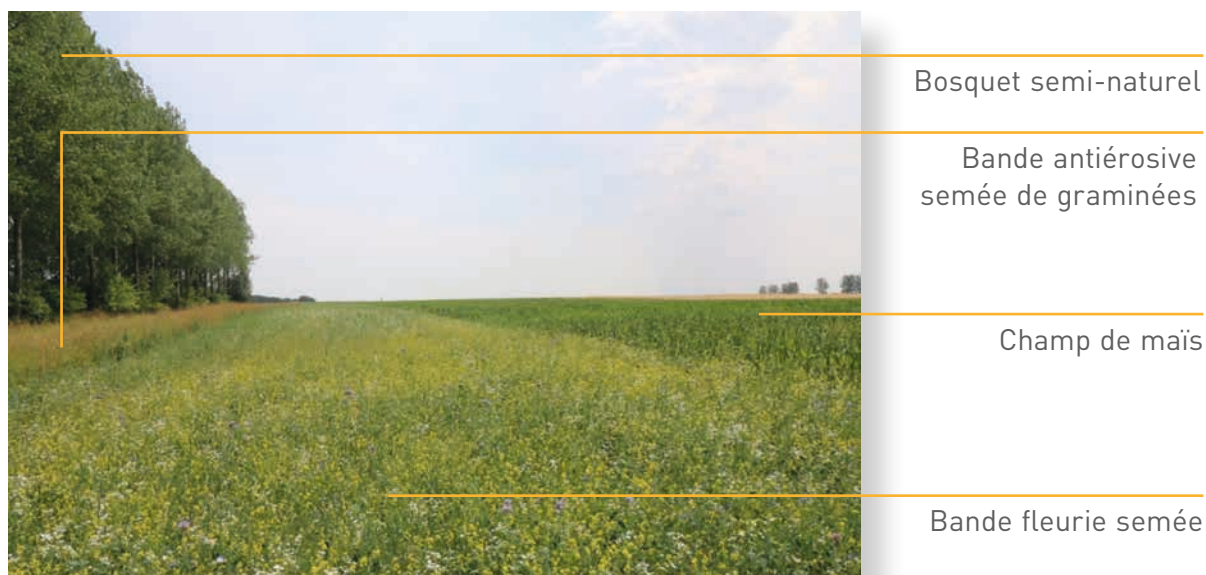


Figure 2: Aménagements dans une exploitation du réseau Interra Farm en Belgique
 Source: Gilles Delhove



Figure 3: À RETENIR - Les principales raisons de l'évaluation de la biodiversité

Ainsi, il ressort qu'il est indispensable de développer d'une manière ou d'une autre la pratique de **l'évaluation de la biodiversité** dans les exploitations agricoles. Ce diagnostic devant être un outil d'aide à la décision des actions à entreprendre pour favoriser la biodiversité (voir partie 2.4). D'autre part, les pratiques agricoles et leur impact doivent être documentés via un **suivi constant de la biodiversité dans les exploitations**.

Il est cependant important que l'évaluation de la biodiversité ne soit pas trop complexe afin que le producteur puisse se l'approprier avec l'aide éventuelle de conseillers techniques. Il est essentiel de préciser d'abord quelle étendue cette évaluation doit couvrir et quel doit être le niveau de précision.

L'objectif ici est de proposer une démarche pour réaliser un diagnostic à l'échelle d'une exploitation à vocation essentiellement maraîchères et/ou fruitière en milieu tropical.

2.2. ÉTENDUE ET NIVEAU DE PRÉCISION DE L'ÉVALUATION

2.2.1. Introduction

La plupart des outils développés pour l'évaluation de la biodiversité au sein d'une exploitation s'intéressent plus à la biodiversité sauvage, qu'elle soit fonctionnelle ou non, qu'à la biodiversité domestique. Cette dernière est pourtant aussi importante à considérer. En effet, l'agroécologie accorde une grande importance à cette diversité domestique car elle contribue fortement à la durabilité d'une exploitation agricole qui doit avoir un système autonome et économe en ressources. Des études scientifiques ont montré l'importance de cette diversité domestique. Par exemple, plusieurs variétés cultivées en mélange diminuent le risque de maladie et augmentent le rendement d'une parcelle (Pellet D. *et al*, 2005, de Vallavielle-Pope C. *et al*, 2006).

Il est donc important que l'évaluation de la biodiversité dans une exploitation agricole se fasse **aussi bien pour la biodiversité domestique que pour la biodiversité sauvage**.

L'évaluation de la biodiversité doit idéalement se faire pour tous les organismes vivants présents mais dans la pratique cela est irréalisable. Il faut donc **se limiter à certains organismes choisis** en fonction de leur importance ou de la relative facilité d'évaluation (voir partie 2.3 du manuel).

Concernant **les pratiques agricoles** il faudra s'y intéresser suffisamment en détail pour évaluer leur impact sur la biodiversité sauvage et domestique.

Plusieurs travaux (par exemple ceux du groupe d'experts scientifiques ESCo (Expertise Scientifique Collective) pour le compte de l'INRA (Le Roux X., 2008) en France) montrent que la biodiversité dans les zones agricoles est avant tout liée à la complexité du paysage et à l'intensité des pratiques. L'exploitation agricole influence fortement cette complexité du paysage surtout en fonction des cultures pratiquées mais aussi des types d'aires semi naturelles ou naturelles qui sont plus ou moins maintenues en termes de surface.

L'évaluation de la biodiversité doit donc se faire **sur toutes les parties de l'exploitation et y compris sur les espaces entourant l'exploitation** afin de s'assurer de la réduction des impacts négatifs des pratiques agricoles sur ces espaces.

L'échelle spatiale de l'évaluation de la biodiversité est développée plus en détails ci-après.

Il faut retenir également que l'évaluation de la biodiversité doit être **aussi bien quantitative que qualitative**. Par exemple il ne suffit pas de quantifier le pourcentage de la surface de l'exploitation consacrée aux espaces semi-natures et naturels, il faut aussi évaluer la qualité de ces espaces (notamment leur richesse en espèces diverses et en fonctions diverses).



Figure 4: Principaux points à retenir pour l'évaluation de la biodiversité à l'échelle d'une exploitation à vocation horticole (fruits et légumes)

2.2.2. La biodiversité à l'échelle spatiale

2.2.2.1. L'exploitation agricole

Comme dit précédemment, il faut considérer la biodiversité à différents « endroits » de l'exploitation. Nous appellerons ceux-ci des « compartiments » de l'exploitation qu'il faut bien évidemment considérer comme étant interconnectés.

Les **deux premiers grands compartiments** sont subdivisés **verticalement** : ce sont le « compartiment sol » et le « compartiment air ».

- Compartiment air : il faut considérer ici la biodiversité des organismes présents dans la partie se trouvant sur et au-dessus du sol.
- Compartiment sol : il faut considérer ici la biodiversité des organismes présents dans le sol, y compris les racines des plantes. Parfois sur la surface d'une exploitation le compartiment sol est « remplacé » par un « compartiment eau » ; étang, marigot, mare, ruisseau qui sont permanents ou temporaires ; on s'intéressera alors à la biodiversité présente dans l'eau.

Horizontalement, on peut subdiviser ces deux compartiments « sol et air » en **compartiments selon le type d'occupation de la surface de l'exploitation**, à l'exclusion des parties bâties et servant aux déplacements (routes, chemins) ; on considérera pour une exploitation agricole donnée les compartiments illustrés dans la figure 5 et décrits ci-dessous. Les différents compartiments évoqués constituent les éléments du paysage de l'exploitation.

1. Le compartiment des espaces utilisés par une **plante cultivée individuelle** (encadré d'un plant de tomate dans la figure 6)

On s'intéressera ici à la biodiversité des organismes qui sont autour ou sur la plante et qui sont peu mobiles, souvent profondément liés à la vie de la plante.

Au niveau souterrain il s'agit surtout des organismes vivants près des racines. Il s'agit d'organismes utiles ou néfastes aux plantes. Il s'agit aussi des organismes qui sont entre les particules du sol et qui ont un rôle important à jouer dans la fertilité des sols.

Au niveau aérien la plupart des organismes que l'on peut trouver sur une plante sont souvent mobiles. Il faudra généralement plutôt considérer cette biodiversité aérienne sur l'ensemble du champ.

2. Le compartiment des espaces occupés par des **terrains cultivés**

Ceux-ci sont hétérogènes et changeants dans le temps du fait de la diversité des types de cultures, des successions culturales (rotations), de la taille et de l'arrangement spatial des parcelles et de l'allocation d'usage des parcelles par les agriculteurs. Ce sont par exemple :

- Les cultures annuelles.
- Les cultures pérennes (Ex. verger, haie, forêt, brise-vent).
- Les prairies.

Au niveau d'une parcelle cultivée, la biodiversité doit être évaluée principalement au niveau biodiversité domestique : nombre d'espèces cultivées et de variétés de chaque espèce, diversité du « type » de plantes cultivées. La structure (type de port (rampant, grimpant, érigé...)) et hauteur de la partie végétative, étendue et profondeur des racines) des plantes des espèces ou variétés cultivées en même temps sur la même parcelle est aussi importante à prendre en considération, car selon la structure de la plante l'espace aérien ou souterrain exploité varie et les organismes associés aussi.

La biodiversité sauvage doit aussi être évaluée au niveau de l'ensemble de la parcelle cultivée par échantillonnage à différents endroits de la parcelle. L'accent sera mis sur la diversité des organismes utiles tels que les insectes auxiliaires. La biodiversité en plante sauvage est aussi importante à prendre en considération surtout dans les parcelles cultivées avec des plantes pérennes comme les vergers.

3. Le compartiment des espaces occupés par des **écosystèmes semi-naturels** et les espaces occupés par des **écosystèmes naturels**

Au sein de l'exploitation, la biodiversité de la faune et de la flore doit aussi être évaluée au niveau des compartiments des espaces non cultivés qu'ils soient semi-naturels (ex. haie, bande fleurie, bosquet, étang, prairie permanente, friche, bordure de champ herbeuse) ou naturels (ex. mare (marigot), prairie, forêt, rivière). La différence entre naturel et semi-naturel réside sur le niveau d'anthropisation : un espace naturel n'a normalement subi aucune intervention de l'homme, dans la pratique ces espaces sont très rares, et la plupart du temps en milieu agricole on trouve des espaces non cultivés de type semi-naturels.

La biodiversité de ces espaces est importante car elle rend souvent des services écosystémiques qui peuvent être utiles à la production des différentes cultures de l'exploitation.

4. Le compartiment des **espaces hors exploitation** entourant l'exploitation (cultivés, semi-naturels ou naturels)

Au niveau spatial, il est intéressant de connaître aussi la biodiversité dans les espaces se trouvant à proximité immédiate de l'exploitation. En effet, les pratiques de l'exploitation peuvent influencer aussi cette biodiversité et celle-ci en retour peut avoir des impacts sur la croissance des plantes cultivées sur l'exploitation.

Le type d'occupation de ces espaces ne dépend pas du choix du propriétaire de l'exploitation mais peut parfois dépendre de démarches collectives à l'échelle des territoires. S'il s'agit d'aires protégées, l'exploitant agricole aura un devoir «éthique» voire «réglementaire» de ne pas menacer ces espaces par ses pratiques.

Pour tous les compartiments horizontaux cités, il faut prendre en considération la biodiversité aussi bien au niveau du sol qu'au niveau aérien (au niveau de l'eau en plus pour les espaces aquatiques).

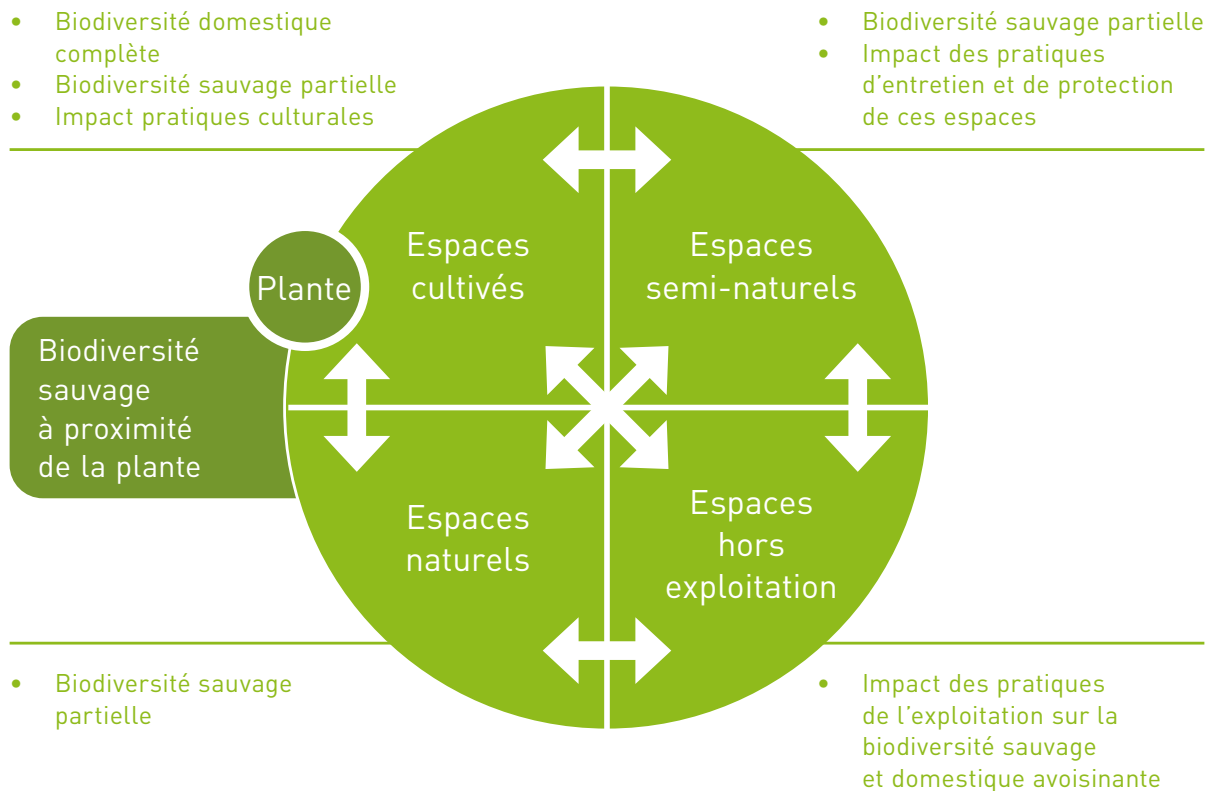


Figure 5: Etendue et précision de l'évaluation à l'échelle d'une exploitation à vocation horticole

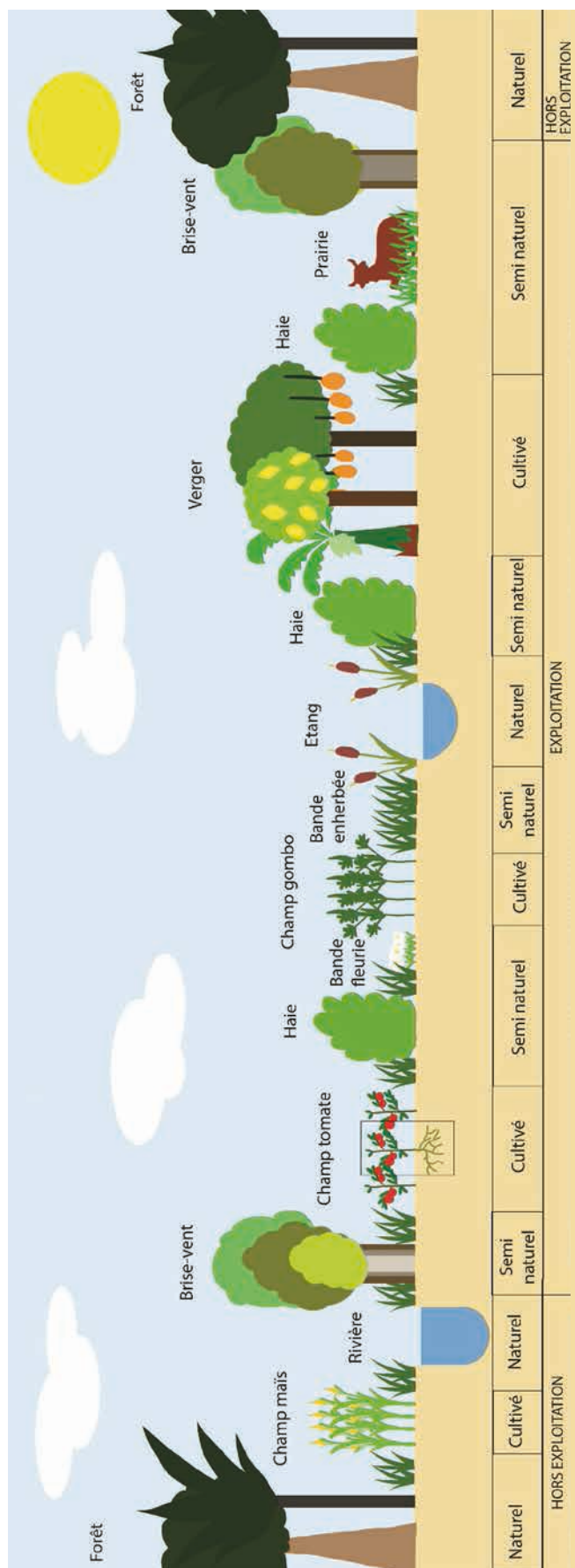


Figure 6 : Exemple de compartiments dans une exploitation agricole

2.2.2.2. Le paysage

Certains auteurs différencient au niveau spatial, au-delà de l'espace même de l'exploitation, 3 types de biodiversité appelés alpha (α), beta (β) et gamma (γ) :

- **Biodiversité alpha**

C'est le nombre d'espèces qui coexistent dans un habitat uniforme de taille fixe. Par exemple richesse en espèces au sein d'un agroécosystème d'une exploitation (parcelle).

- **Biodiversité beta**

C'est la différence de diversité entre éléments du paysage agricole.

Ou encore selon les références et le contexte :

- La modification de la diversité alpha entre habitats/écosystèmes.
- L'importance de la différence d'espèces entre habitats. La diversité bêta reflète la modification de la diversité alpha lorsque l'on passe d'un écosystème à un autre dans un site par exemple dans une exploitation quand on passe d'un champ cultivé à une prairie.
- La diversité bêta mesure la différence entre peuplements de deux biotopes voisins dans l'espace (indice de similitude inter biotope).

- **Biodiversité gamma**

Elle correspond à la richesse en espèces au niveau régional ou géographique. C'est la biodiversité totale du paysage.

En plus de ces 3 types d'autres auteurs ajoutent la « biodiversité ponctuelle » qui est le nombre d'espèces présentes en un point donné de l'espace appelé « station » ; par exemple plante individuelle ou groupe de plantes. Est aussi parfois mentionnée la biodiversité delta qui est un indice de similitude inter régions ou inter secteurs (entre deux paysages géographiquement séparés). Cette biodiversité delta concerne une échelle plus large que celle concernée par ce manuel. Ces types de biodiversité sont illustrés par les 2 figures qui suivent.

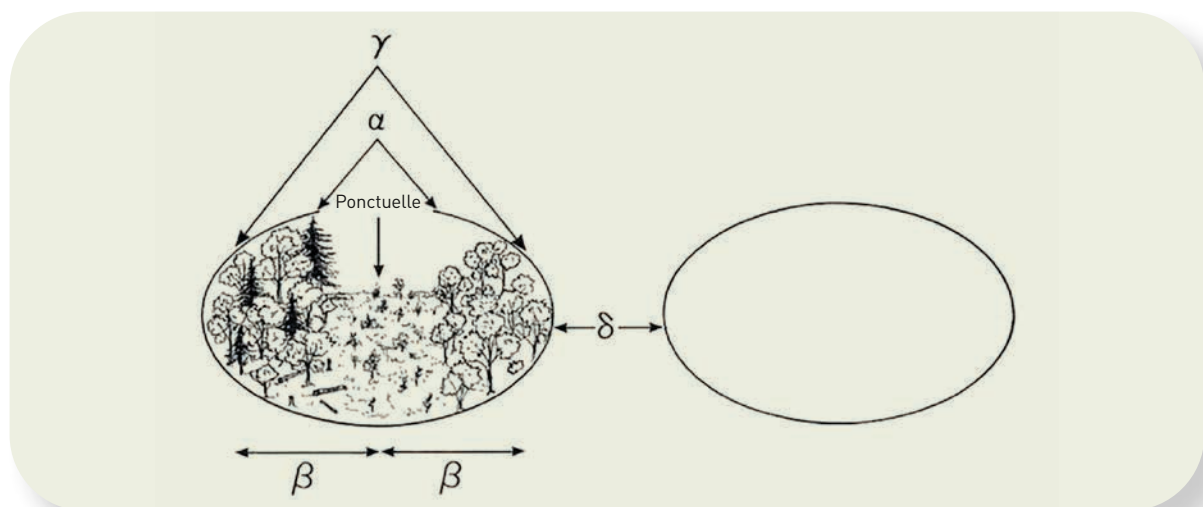


Figure 7: Les 5 types de biodiversité : ponctuelle, alpha, bêta, gamma et delta

Source: Comment mesurer la Biodiversité? Pr Francour Patrice - Université Nice-Sophia-Antipolis - ECOMERS

INCIDENCE DES MODES DE PRODUCTION AGRICOLE

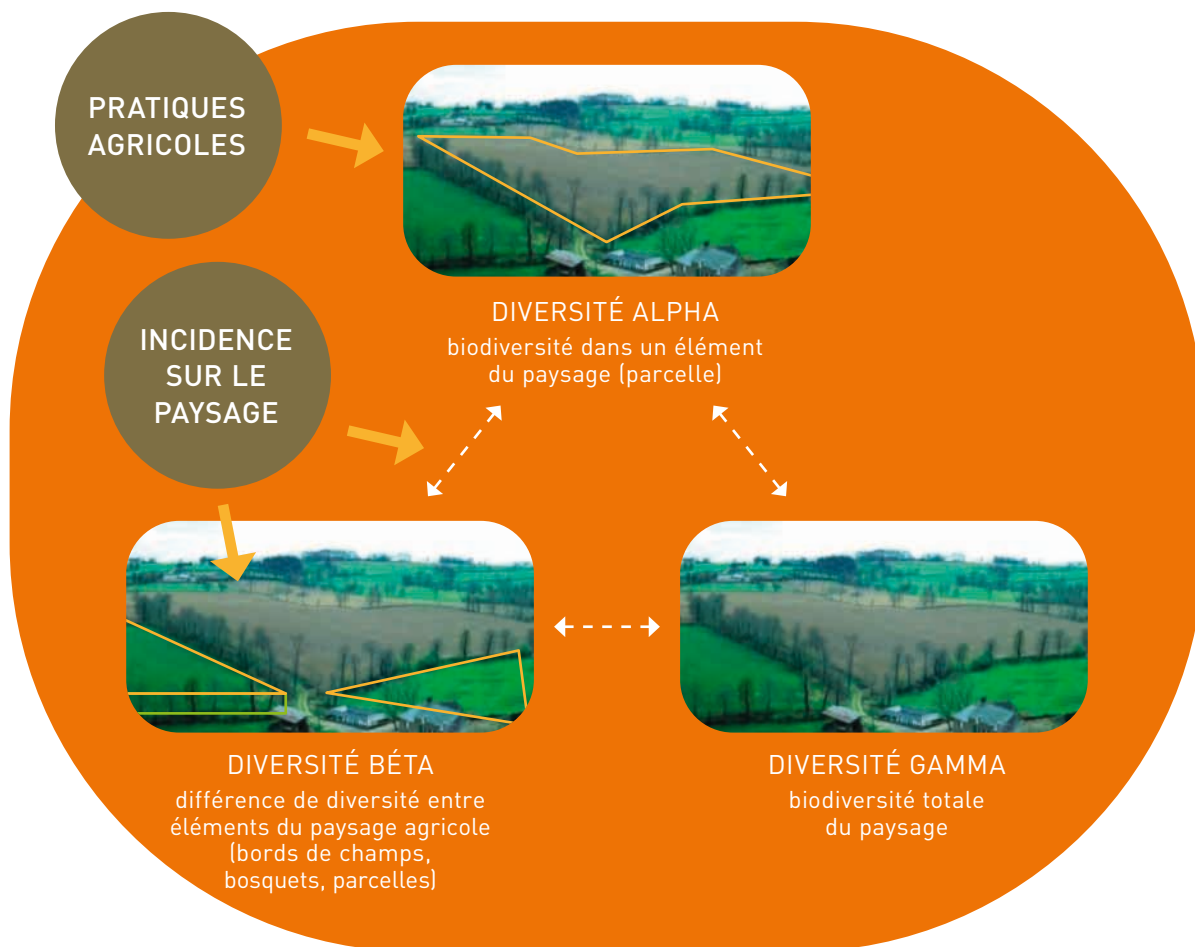


Figure 8 : Exemple de biodiversité : alpha, bêta et gamma en zone agricole

Source : X. Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France)

2.2.2.3. L'hétérogénéité

Dérivé du concept original de Duelli (1997), deux composantes de l'hétérogénéité paysagère ont été explicitement définies : un paysage ou une exploitation plus hétérogène a :

- une plus grande variété de types de couvert (**hétérogénéité de composition**) ;
- et/ou un arrangement spatial plus complexe de ses couverts (**hétérogénéité de configuration**).

La figure ci-dessus illustre bien ces deux types d'hétérogénéité. Les quatre grands carrés représentent un paysage ou une exploitation, et les différentes couleurs les différents types de couverts. L'hétérogénéité de composition augmente de gauche à droite avec une augmentation du nombre de types de couverts tout en gardant une équitabilité entre eux. L'hétérogénéité de configuration augmente de bas en haut avec une augmentation de la complexité de l'organisation spatiale de ces couverts.

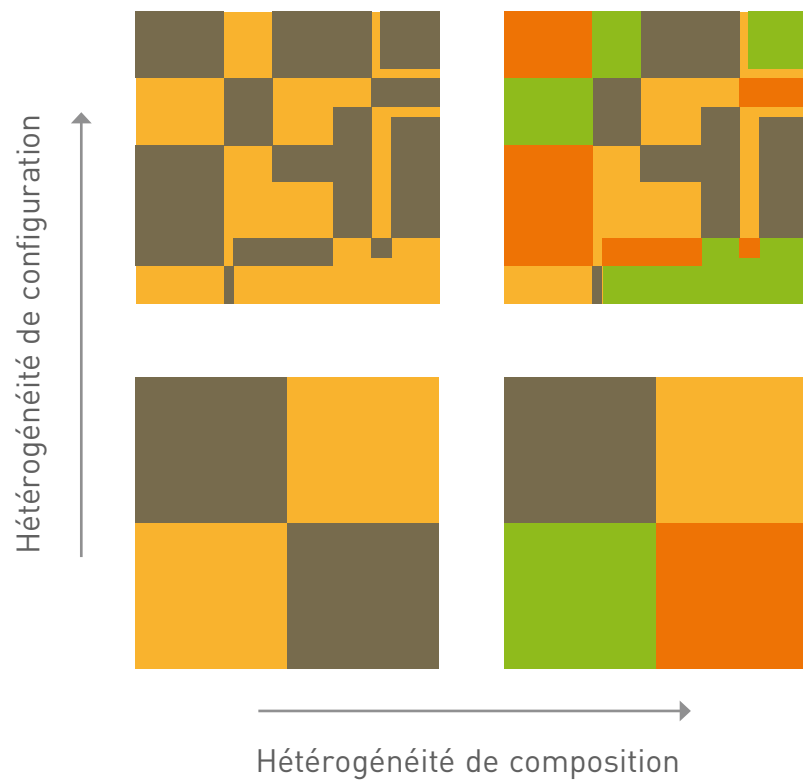


Figure 9 : Illustration des deux composantes de l'hétérogénéité spatiale : composition et configuration
 Source : d'après Fahrig et al. 2011⁴²

2.2.2.3. Synthèse de ce qu'il faut retenir

La figure ci-dessous nous rappelle les points importants à retenir sur la biodiversité à l'échelle spatiale. Pour rappel la biodiversité doit être évaluée aussi bien dans le compartiment sol que dans le compartiment air.

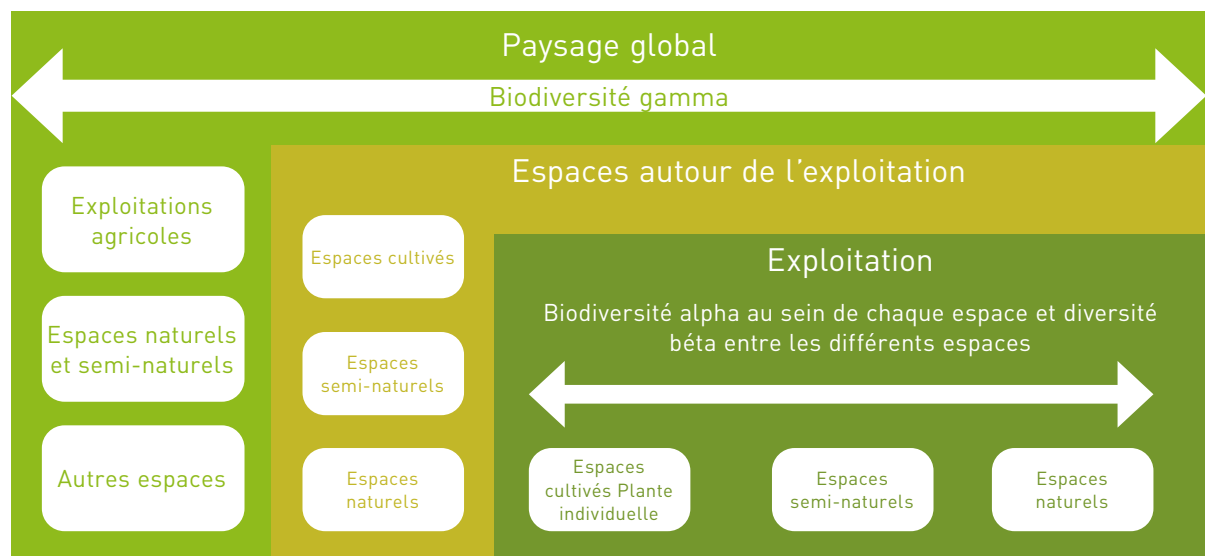


Figure 10 : La biodiversité à l'échelle spatiale

42 Remi Duot. Hétérogénéité fonctionnelle et biodiversité : quel est le rôle des interfaces où lisières dans les paysages agricoles? Sciences agricoles. Université Rennes 1, 2013.

2.2.3. La biodiversité à l'échelle temporelle

L'évaluation de la biodiversité doit être envisagée aussi à l'échelle temporelle. La composition en espèces d'un écosystème **varie dans le temps en fonction des saisons** (par exemple certains animaux, comme les oiseaux, peuvent migrer) et des stades de développement de la végétation (la faune présente dans un verger ne sera pas la même à tous les stades de la culture,...). Pour la biodiversité domestique, l'occupation des terres par des plantes cultivées annuelles varie aussi en fonction des saisons, et pour chaque parcelle des rotations différentes peuvent être pratiquées.

L'évaluation de la biodiversité et de l'impact des pratiques doit donc se faire idéalement **à différentes périodes de l'année** dans chacun des compartiments de l'exploitation cités précédemment.

Pour évaluer les résultats d'un plan d'action en faveur de la biodiversité à l'échelle d'une exploitation il faudra estimer l'évolution de la biodiversité en effectuant **chaque année un diagnostic toujours aux mêmes différentes périodes de l'année** et de préférence aux mêmes emplacements.

Pour les collectes et observations de terrain, les échelles temporelles ne sont pas les mêmes. Il faudra travailler en fonction des saisons et des cultures. Un autre facteur important qu'il ne faut pas négliger est le cycle de vie du taxon étudié ; par exemple si l'on veut évaluer la présence d'auxiliaires sur les cultures ; ceux-ci ne pourront être évalués que s'il y a présence sur les cultures des ravageurs qu'ils contrôlent et pour évaluer les enherbements des bandes ou des espaces occupés par des plants pérennes il faudra le faire au moment où ces herbes sont en plein développement végétatif. Les taxons que l'on veut étudier **ne doivent pas être à l'état de repos au moment où l'on veut les évaluer**.

De plus, concernant les échelles temporelles, la majorité des études actuelles se focalise sur des périodes au mieux de quelques années, alors que l'histoire des pratiques culturales au niveau parcellaire et la dynamique du paysage conditionnent la réponse de la biodiversité aux nouvelles pratiques ou aux nouveaux aménagements. La pérennité des pratiques agricoles sur des séquences temporelles de l'ordre du siècle a une influence notable sur la biodiversité en comparaison à des séquences courtes caractérisées par une alternance régulière des pratiques agricoles.⁴³

43 X. Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France).

2.3. LES INDICATEURS

La biodiversité est un concept difficile à appréhender et à généraliser puisqu'elle s'exprime à différents niveaux du vivant : les gènes, les espèces, les habitats et les écosystèmes. L'impossibilité de l'inventorier de manière exhaustive oblige à définir des indicateurs de biodiversité.

2.3.1. Qu'est-ce qu'un indicateur

Dans le domaine de la biodiversité, les indicateurs sont le plus souvent des indices permettant de quantifier la biodiversité, sa répartition spatiale et ses variations dans le temps. Cependant, les termes indicateur et indice ne sont pas bien définis et leur utilisation peuvent varier en fonction des pays ou disciplines (Duelli et Obrist, 2003).

Les indicateurs doivent permettre d'évaluer la biodiversité et son état de « santé » en rapport avec les pratiques de l'exploitant, dans l'objectif final de permettre à l'exploitant d'élaborer un plan d'action (maintien, changement de pratiques, aménagements, destruction, restauration...).

Un indicateur est le **résumé d'une information complexe qui permet à différents acteurs de dialoguer dans un langage commun**. Il doit être scientifiquement robuste, compréhensible et utilisable par tous les acteurs.

2.3.2. Les grandes familles d'indicateurs

Dans le domaine agricole, généralement la biodiversité est évaluée par 2 grandes catégories d'indicateurs⁴⁴ :

- Les indicateurs de la **biodiversité domestique** qui permettent d'évaluer la diversité des espèces et variétés de plantes cultivées et des espèces et races élevées ;
- Les indicateurs de la **biodiversité sauvage** qui permettent d'évaluer surtout la **biodiversité dite para-agricole** qui concerne la diversité des organismes vivants jouant un rôle important dans les agro-écosystèmes. Il s'agit essentiellement des auxiliaires de culture et des organismes jouant un rôle important pour la fertilité des sols mais aussi des ravageurs et adventices qui ont des effets défavorables sur les cultures.

Ils peuvent aussi évaluer la **biodiversité dite extra-agricole** qui concerne les organismes vivants au sein de l'exploitation ne jouant pas un rôle important dans les agro-écosystèmes. Il s'agit de la biodiversité dite « patrimoniale ».

On peut distinguer aussi les **indicateurs d'état** et les **indicateurs de pression**.

44 Indicateurs de biodiversité en milieu agricole – étude MAAP / MNHN - Document de travail – novembre 2009.

2.3.2.1. Les indicateurs d'états

Ils donnent l'état de la biodiversité à partir d'observations qui permettent de déterminer le nombre d'espèces présentes et leur abondance relative.

Pour ce type d'indicateur, l'indice de diversité des espèces le plus utilisé est celui de Shannon (H'). Cet indice donne une idée de la diversité spécifique d'un milieu. C'est à dire du nombre d'espèces de ce milieu (richesse spécifique) et de la répartition des individus au sein de ces espèces (équitabilité spécifique). Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. Plus la valeur de l'indice H' est élevée, plus la diversité est grande. Il est calculé à l'aide de la formule ci-dessous.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_n p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

S : richesse spécifique (nombre d'espèces)

P_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante : $p_i = n_i/N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (le nombre d'individus de toutes les espèces).

La figure ci-dessous montre deux exemples de situation de la biodiversité dans un milieu forestier. Le nombre d'espèces est plus important dans l'image de droite mais la biodiversité est considérée meilleure dans l'image de gauche car l'équitabilité entre espèces y est plus forte. La mesure de l'équitabilité correspondant à l'indice de Shannon est réalisée selon la formule suivante :

$E = H'/\log_n S$. $E = 1,39/\log_n 4 = 1$ pour la figure de gauche et

$E = 1,33/\log_n 8 = 0,64$ pour la figure de droite.

La valeur de 1 est la valeur maximale qui indique que toutes les espèces ont une même abondance (équitabilité maximale).

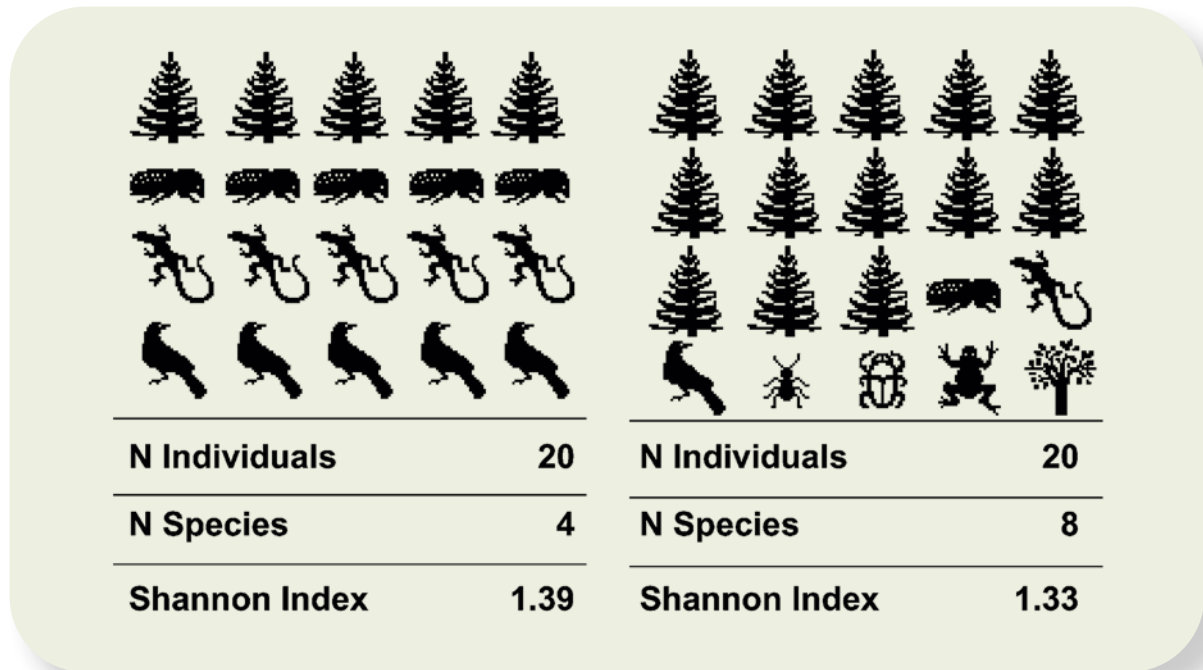


Figure 11 : Exemples d'indices de Shannon

Source: Biodiversity indicators: the choice of values and measures - Peter Duelli*, Martin K. Obrist - Swiss Federal Research Institute WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf-Zürich, Switzerland

L'indice de Shannon peut être calculé aisément à partir d'un fichier Excel comme suit. Dans le tableau ci-dessous, les formules à introduire sont indiquées en rouge et les valeurs à introduire en bleu.

| | A | B | C | D |
|---|---------|-----------------------------|--|------------------------------|
| 1 | Espèces | Nombre individus par espèce | Nom de la variable de l'Index de Shannon | Calcul de l'Index de Shannon |
| 2 | A | x | =n1 | $=(B2/B\$6)*LN(B2/B\$6)$ |
| 3 | B | x | =n2 | $=(B3/B\$6)*LN(B3/B\$6)$ |
| 4 | C | x | =n3 | $=(B4/B\$6)*LN(B4/B\$6)$ |
| 5 | D | x | =n4 | $=(B5/B\$6)*LN(B5/B\$6)$ |
| 6 | Somme | $=SOMME(B2:B5)$ | =N | $=-1*SOMME(D2:D5)$ |

Les deux tableaux ci-après montrent comment les indices de la figure 11 ont été calculés :

- Image de gauche de la figure 11

| Espèces | Nombre individus par espèce | Nom de la variable de l'Indice de Shannon | Calcul de l'indice de Shannon |
|--------------|-----------------------------|---|-------------------------------|
| A | 5 | =n1 | -0,347 |
| B | 5 | =n2 | -0,347 |
| C | 5 | =n3 | -0,347 |
| D | 5 | =n4 | -0,347 |
| Somme | 20 | =N | 1,39 |

- Image de droite de la figure 11

| Espèces | Nombre individus par espèce | Nom de la variable de l'Indice de Shannon | Calcul de l'indice de Shannon |
|--------------|-----------------------------|---|-------------------------------|
| A | 13 | =n1 | -0,280 |
| B | 1 | =n2 | -0,150 |
| C | 1 | =n3 | -0,150 |
| D | 1 | =n4 | -0,150 |
| E | 1 | =n5 | -0,150 |
| F | 1 | =n6 | -0,150 |
| G | 1 | =n7 | -0,150 |
| H | 1 | =n8 | -0,150 |
| Somme | 20 | =N | 1,33 |

2.3.2.2. Les indicateurs de pressions

Ils concernent les pratiques agricoles ayant un impact potentiel sur la biodiversité ; par exemple :

- Les Produits de Protection des Plantes sont les intrants ayant le plus d'impacts négatifs potentiels sur la biodiversité vu que leur finalité est de supprimer des organismes vivants.
- Les fertilisants, qu'ils soient minéraux ou organiques, peuvent avoir un effet indirect sur la biodiversité, surtout sur les organismes du sol (voir chapitre 3).
- L'utilisation de l'eau en agriculture peut avoir aussi des effets indirects surtout sur la biodiversité en dehors de l'exploitation (assèchement de points d'eau, etc.).
- Le pourcentage de la surface de l'exploitation consacrée à la production impactera aussi la biodiversité.

Le lien de causalité entre pratiques et effet potentiel sur la biodiversité n'est pas toujours évident à établir. Cela implique que souvent, sur le terrain, on se contente, par facilité, d'évaluer, à tort, uniquement l'état de la biodiversité au niveau de l'exploitation sans tenir compte de l'impact des pratiques.

Le tableau ci-dessous montre que l'impact potentiel des pratiques agricoles sur un milieu dépend du degré de sensibilité du milieu à ces pratiques.

À partir des valeurs de pression et de sensibilité, 5 classes de risque peuvent être constituées allant de très faible (voyant vert) à très fort (voyant rouge). Les limites de classe sont déterminées selon l'avis des spécialistes.

Tableau 1 : Combinaison de la pression exercée par les pratiques agricoles et de la sensibilité du milieu

| | | Pression des pratiques agricoles | | | | |
|-----------------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------|-----------|-----------|
| | | Très faible | Faible | Moyen | Fort | Très fort |
| Sensibilité du milieu | Très faible | Très faible | Très faible | Faible | Faible | Moyen |
| | Faible | Très faible | Faible | Faible | Moyen | Fort |
| | Moyen | Faible | Faible | Moyen | Fort | Fort |
| | Fort | Faible | Moyen | Fort | Fort | Très fort |
| | Très fort | Moyen | Fort | Fort | Très fort | Très fort |

Source : Évaluation des impacts environnementaux des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation en vue de l'élaboration d'un plan d'actions : une méthode de diagnostic spatialisé fondée sur des indicateurs, le DAE-G1.

Audrey Ossarda, Marie-Béatrice Galanb, Hubert Boizardc, Christine Leclercqd et Célie Lemoinee

2.3.2.3. Indicateurs directs et indirects

Pour mesurer la biodiversité, certains auteurs distinguent aussi les **indicateurs « directs »** et les **indicateurs « indirects »**.

- **Les indicateurs « directs »**

Ces indicateurs comptabilisent le nombre d'espèces présentes et leur abondance, ce sont donc des indicateurs d'état. C'est un processus souvent long car, dans le cas de la biodiversité sauvage, il nécessite un échantillonnage et des répétitions dans l'espace et dans le temps. D'autre part, il requiert souvent des compétences poussées (spécialistes) pour la reconnaissance des genres/espèces/variétés et nécessite des passages à des périodes, voire des moments précis.

- **Les indicateurs « indirects »**

Ici on s'intéresse tout d'abord aux habitats naturels ou semi-naturels présents dans l'exploitation. Ils sont considérés comme « indirects » car ce sont des supports végétaux d'une biodiversité animale qui peut être utile aux cultures et aux animaux sauvages (nourriture, refuge...). Ce sont des éléments généralement fixes du paysage agricoles qui ne sont pas labourés et qui ne reçoivent ni engrais (sinon à très faible

dose et fréquence) ni pesticides depuis au moins 5 ans. La végétation doit y être majoritairement spontanée c'est-à-dire que le recouvrement en espèces allochtones ne doit pas être majoritaire.

Ces éléments sont appelés IAE ou UAE, mais souvent les auteurs utilisent le terme IAE pour regrouper les deux.⁴⁵ Dans ce document nous utiliserons le terme IAE/UAE pour désigner les deux types.

- Les Infrastructures Agro-Ecologiques (IAE)
Ce sont des éléments ponctuels et linéaires comme, par exemple, les haies, alignements d'arbres, arbres isolés, bandes enherbées, fossés, canaux, talus, murets, mares.
- Les Unités Agro-Ecologiques (UAE)
Ce sont des éléments surfaciques comme par exemple les : prairies naturelles, pré-vergers, bosquets, lisières, pelouses, zones humides, jachères.

NB: IAE et UAE sont parfois désignées, selon les contextes et les pays, sous les expressions suivantes: Surfaces de Compensation Ecologique (SCE), Zones Non Productives (ZNP), milieux ou habitats interstitiels, éléments fixes du paysage, habitats semi-naturels, zones écologiques réservoir (ZER), surfaces de promotion de la biodiversité (SPB)⁴⁶.

Le type d'organisation spatiale des espaces cultivés et leur gestion temporelle peuvent également être considérés comme des indicateurs indirects de la biodiversité animale. En effet il est généralement admis qu'elle est favorisée par la diversité en cultures de l'assolement, la taille réduite des parcelles, la mixité de plantes par parcelle et la continuité temporelle des cultures.

2.3.3. Choix des indicateurs

Avant d'élaborer/choisir des indicateurs permettant d'évaluer la biodiversité sur une exploitation, il y a plusieurs types de questions à se poser (adapté d'après Galan *et al.* 2005, Girardin *et al.* 2000) :

- *Quel est l'objectif de mon évaluation (développer les services écosystémiques favorables à ma production, répondre à une exigence réglementaire, répondre à une exigence d'un certificateur, mettre en valeur mon exploitation face à l'opinion publique...)?*
- *À qui est destinée mon évaluation (agriculteur, conseillers, techniciens, décideurs)?*

45 Diagnostic biodiversité d'exploitation agricole en Languedoc-Roussillon - Notice d'utilisation - Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon - Mars 2009.

46 Promotion de la biodiversité dans l'exploitation agricole Exigences de base et niveaux de qualité Conditions, charges, contributions - https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/1443_5_F.pdf

- À quelle **échelle spatiale** je veux situer mon diagnostic? Quels espaces (compartiments) je veux analyser sur le site de l'exploitation: parcelles cultivées, espaces semi-naturels, espaces naturels, stations, espaces entourant l'exploitation?
- Quelles sont les **données nécessaires et disponibles** à mon évaluation?
- Quels sont les **moyens (humains et financiers)** que je mets en œuvre ou disponibles pour cette évaluation?

En fonction des réponses aux questions présentées ci-dessus, il est nécessaire d'avoir un indicateur pour chaque aspect de la biodiversité que l'on souhaite évaluer.

Les indicateurs choisis doivent être lisibles, faciles à mettre en œuvre, sensibles aux variations de pratiques agricoles, fiables et pertinents.⁴⁷

Dans le cas de l'évaluation de la biodiversité au niveau des exploitations maraîchères et fruitières, il faut tenir compte du fait que ce sont souvent des surfaces relativement petites (du moins par rapport aux grandes cultures céréalières et industrielles). Ces exploitations ont donc généralement relativement peu d'influence sur la biodiversité surtout paysagère (sauf dans les zones urbaines ou dans les zones à forte densité en exploitations de ce type). En revanche, l'utilisation souvent intensive des intrants sur ce type d'exploitation peut avoir des répercussions indirectes assez importantes sur l'environnement donc la biodiversité. L'objectif pour ce type d'exploitation sera donc de favoriser d'avantage les services systémiques de régulation et de soutien, c'est-à-dire la **biodiversité para-agricole**, plutôt que la **biodiversité extra-agricole** qui est la biodiversité au sein de l'exploitation ne jouant pas un rôle très important dans les agro-écosystèmes.

Il n'est pas possible de faire une évaluation de tout le monde vivant présent sur une exploitation; il faut donc essayer de réduire le plus possible le travail à accomplir par un choix adéquat de ce qu'il faut observer.

Ci-après sont données quelques principes pour le choix des différents types d'indicateurs.

2.3.3.1. Indicateurs de la biodiversité domestique

Les indicateurs d'état seront le nom et le nombre d'espèces et variétés cultivées ainsi que le taux d'occupation de chacune d'elle. On peut également s'intéresser :

- aux origines des variétés et donner un indicateur du niveau d'utilisation des variétés « locales »;
- à la présence d'espèces et de races animales élevées sur l'exploitation.

Une méthodologie détaillée est proposée à la partie 2.4.2 de ce manuel.

Il peut également y avoir des indicateurs de pression pour expliquer les influences des caractéristiques de l'exploitation ou de facteurs externes sur le niveau de la biodiversité domestique. Par exemple la variabilité localement de la disponibilité en semences, la demande du marché, l'impact des bioagresseurs, les conditions climatiques.

⁴⁷ Quels indicateurs agri-environnementaux pour le management environnemental d'une exploitation agricole? – David Peschard et Marie-Béatrice Galan – ALTERNATECH – Section Agro-Transfert.

2.3.3.2. Indicateurs de la biodiversité para-agricole

- **Indicateurs de la biodiversité du monde végétal**

L'inventaire des **plantes sauvages** présentes est assez aisé à réaliser. On peut généralement évaluer la biodiversité sur un grand nombre d'espèces végétales mais parfois on est obligé de se limiter aux espèces bien connues les plus communes. Par exemple, pour les haies, on pourra normalement inventorier toutes les espèces ligneuses présentes tandis que dans une prairie ou une forêt il ne sera pas possible d'inventorier toutes les plantes présentes sans une aide extérieure de spécialistes.

Dans une exploitation les plantes sauvages se trouvent essentiellement dans les IAE/UAE. La diversité végétale y est évaluée par deux indicateurs ; l'un mesurant la quantité et l'autre la qualité. En effet l'évaluation de la mise en œuvre des IAE/UAE, depuis de nombreuses années, dans les exploitations agricoles européennes a mis en évidence que la **quantité** d'éléments semi-naturels ne suffit pas à enrayer la perte de biodiversité et qu'il faut aussi favoriser la qualité de ces éléments. Par exemple, si on ne prend en compte que l'aspect **quantitatif**, une haie basse monospécifique taillée deux fois dans l'année peut paraître aussi utile qu'une haie haute diversifiée taillée seulement tous les deux ou trois ans. Alors que dans les faits, la seconde est qualitativement meilleure car diversifiée et taillée moins souvent, et donc est bien plus bénéfique à la biodiversité que la première.⁴⁸

- **Indicateur quantitatif**: il donne la mesure de la part de l'exploitation laissée aux IAE/UAE. Il indique le niveau d'hétérogénéité du paysage de l'exploitation et de sa biodiversité.

Qu'est-ce qu'on mesure ?

Souvent à l'aide de cartes, éventuellement à l'aide d'un drone, on mesure la superficie des espaces semi-naturels ou naturels. La mesure est indiquée en % **d'IAE/UAE** = Surface totale occupée par les IAE/UAE (ha) x 100 / SAU (Surface Utile Agricole) (ha). On considérera dans le cadre de ce manuel la SAU comme étant la superficie totale de l'exploitation, diminuée des zones occupées par les bâtiments et cours. Les zones boisées et les zones humides de plus de 5000 m² incluses dans le périmètre des exploitations ne seront pas incluses dans la SAU et ne seront donc pas considérées comme étant des IAE/UAE.

Etant donné son importance, et la facilité de sa mesure grâce aux outils cartographiques, ce facteur est utilisé en tant qu'indicateur de biodiversité dans plusieurs diagnostics d'exploitation agricole. Il est également utilisé dans les politiques agri-environnementales comme un objectif de résultat, par exemple dans le projet de certification des exploitations à Haute Valeur Environnementale français (projet HVE), dans le système de compensation écologique mis en œuvre en Suisse ou encore dans une mesure agro-environnementale en Espagne.

48 <https://www.reseau-biodiversite-abeilles.fr/>

Des objectifs en % d'IAE/UAE sont souvent définis ; ils diffèrent d'un pays à l'autre et d'un type de culture à l'autre. Par exemple en Europe le pourcentage va d'un minimum de 5 % à jusqu'à 20 % qui est considéré par des experts comme réellement significatif pour la biodiversité. On considère généralement qu'un taux de 10 % est un minimum à atteindre. La méthode de calcul de ce taux est décrite au point A de la partie 2.4.3.2 de ce manuel.

- **Indicateur qualitatif :** Il renseigne sur l'état de conservation des IAE/UAE par rapport à l'enjeu de conservation (espèces, habitats naturels, diversité spécifique...).

Qu'est-ce qu'on mesure ?

Est mesuré le pourcentage d'infrastructures en bon état de conservation, en état moyen et en état défavorable (état de conservation = qualité écologique).

L'état de chaque infrastructure est évalué à l'aide de grilles d'évaluation composées de plusieurs sous-indicateurs (ou critères). Plus d'informations sont disponibles dans le point 2.3.3.4 de ce manuel.

La qualité des IAE/UAE peut s'apprécier :

- Au niveau de chaque IAE/UAE

Les indicateurs ayant déterminé cet état sont systématiquement précisés et mis en rapport avec les pratiques ayant probablement induit cet état.

Les préconisations de gestion doivent donc permettre d'adapter ces pratiques pour réduire au maximum leurs effets défavorables. Celles-ci peuvent également être des aménagements à mettre en œuvre.
- Au niveau de l'exploitation par agrégation des données précédentes.

Au niveau de l'exploitation la qualité est évaluée en agrégeant l'ensemble des états de conservation obtenus pour tous les IAE/UAE de l'exploitation. Il permet d'obtenir un diagramme présentant la part d'IAE/UAE en état de conservation bon, moyen et défavorable (fig. 13).

Cet indicateur permet de visualiser rapidement si les IAE/UAE sont favorables à la biodiversité ou non et de visualiser la marge de progression pour parvenir à un état de biodiversité correcte sur l'exploitation.

ÉTAT DE CONSERVATION DES IAE ET UAE

Définition de l'état de conservation :

État d'une IAE ou UAE par rapport à un état de référence optimal pour la biodiversité. Trois critères sont évalués : la structure, la composition et les perturbations.

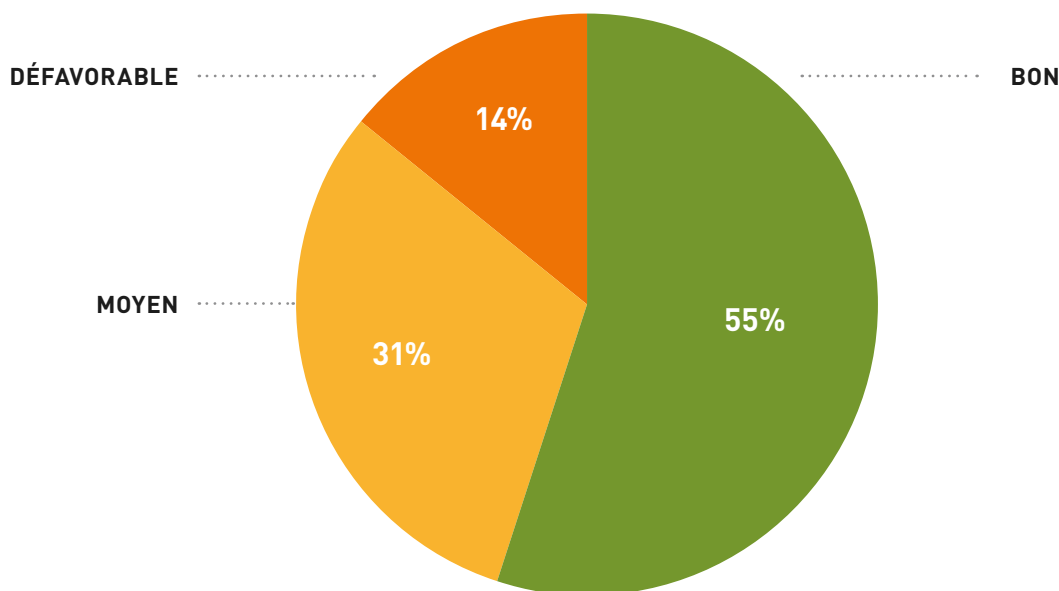


Figure 13: Exemple de diagramme présentant la part d'IAE/UAE en état de conservation bon, moyen et défavorable

Source: Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon | SupAgro Florac, Diagnostic de biodiversité des exploitations agricoles en Languedoc-Roussillon – Manuel adapté dans le cadre du projet Ecodiag Leonardo Da Vinci transfert d'innovation workpackage N°3 https://ecodiag.eu/ftp/DAE_fran%C3%A7ais_080413_imp.pdf

- **Indicateurs de la biodiversité du monde animal**

Pour la biodiversité des **animaux sauvages**, sont utilisées généralement des espèces ou groupes d'espèces considérées comme indicatrices de l'état de la **biodiversité para-agricole** (ex. carabes, syrphes, oiseaux...). Pour qu'une espèce ou un groupe d'espèces puissent être qualifiés d'indicateur et choisis, plusieurs grands critères, rappelés ci-après doivent être remplis. Critères tirés de Büchs, 2003 ⁴⁹ et ⁵⁰

49 Mise au point d'un indicateur d'évaluation de la biodiversité des vergers agrumicoles de Guadeloupe - Rapport de stage de fin d'études de la formation Master 2 gestion de la biodiversité - Soutenu en septembre 2009 à Toulouse Par Maxime Pfohl - Encadré par Fabrice Le Bellec, Agronome Station du CIRAD, Vieux-Habitants.

50 Élaboration d'un jeu d'indicateurs permettant de mieux suivre la biodiversité en lien avec l'évolution de l'agriculture - étude MAAP / MNHN - Document de travail - novembre 2009.

| | |
|---|--|
| Présence en milieu agricole et distribution | L'indicateur doit être commun et répandu . Il peut se trouver sous différentes conditions environnementales. |
| Services écologiques rendus | Il faut choisir en priorité les indicateurs ayant un rôle important de soutien ou comme régulateur . |
| Persistance | Il faut utiliser des espèces qui restent dans une aire ou une unité spatiale fermée . |
| Identification et observation | Elle doit être facile . Il doit y avoir l'existence de protocoles d'observation pour non-spécialistes ou la facilité d'en créer. |
| Sensibilité | Il doit réagir aux changements environnementaux . |

Dans les espaces cultivés, l'estimation de la biodiversité utilisant les arthropodes est aujourd'hui la plus répandue (Burel et Baudry, 1999 ; Cotes *et al.*, 2010)⁵¹. L'accent mis sur les invertébrés en plus des plantes, reflète l'importance de leur contribution à la diversité spécifique globale puisque les arthropodes seuls représentent environ les deux tiers des espèces des organismes pluricellulaires (Hammond, 1994). De plus, par leurs exigences écologiques très peu plastiques (reflétant des conditions environnementales précises), leur faible mobilité relative, leur durée de vie limitée de même que le caractère emblématique de certaines espèces, les invertébrés se positionnent comme des indicateurs performants de l'impact des activités humaines dans les écosystèmes et particulièrement dans les agroécosystèmes (Paoletti et Bressan, 1996 ; Duelli et Obrist, 1998).

Il est préférable d'évaluer au départ un nombre limité d'espèces animales (par exemple 5) choisies en fonction de critères tels que par exemple les plantes cultivées présentes et leurs ravageurs principaux identifiés. Par exemple si dans une exploitation on cultive des plantes souvent attaquées par des pucerons, on choisira comme indicateur les insectes ennemis des pucerons comme les syrphes, les coccinelles etc. Si des plantes fortement dépendantes des pollinisateurs sont cultivées (ex : melon), on s'intéressera en plus par exemple aux abeilles et bourdons.

L'évaluation peut par après évoluer par étape et devenir plus complète et nécessitant alors de trouver un soutien auprès d'institutions publiques ou d'organisations œuvrant dans le domaine de la conservation de la nature, de la recherche et de l'enseignement (par exemple appui par des travaux d'étudiants).

Le tableau ci-après est un exemple d'aide au choix des organismes animaux sauvages pouvant servir d'indicateur en fonction des services rendus, des compartiments verticaux occupés, des IAE/UAE et des changements de pratiques favorables qui peuvent être mis en place au sein d'une exploitation.

51 Indicateurs de biodiversité dans les exploitations agricoles biologiques et conventionnelles des Vallées et Coteaux de Gascogne, cas d'étude français du projet européen BIOBIO. Innovations Agronomiques 32 (2013),333-349.

Tableau 2 : Aide au choix des organismes animaux sauvages pouvant servir d'indicateur

| Organisme animal | Compartiment vertical occupé | | Service rendu | | | IAE/UAE favorable | | | Changement de pratique favorable | | |
|-------------------------|------------------------------|-----|-------------------------|------------------|---------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | sol | air | protection des cultures | fertilité du sol | pollinisation | haie | bande enherbée | jachère fleurie | réduction des pesticides | diminution du travail du sol | couvert permanent |
| Insectes pollinisateurs | | x | | | x | x | x | x | x | | (x) |
| syrphes | | x | x | | x | x | x | x | x | | |
| coccinelles | | x | x | | | | | | x | | |
| chrysopes | | x | x | | | | | | x | | |
| termites | x | | | x | | | | | x | x | |
| fourmis | x | x | x | | | | | | x | x | |
| carabes | x | x | x | | | x | x | | x | x | x |
| araignées | | x | x | | | x | x | x | x | | |
| lombrics | x | | | x | | | | | x | x | x |

Source : Modifié à partir de «Élaboration d'un jeu d'indicateurs permettant de mieux suivre la biodiversité en lien avec l'évolution de l'agriculture - étude MAAP / MNHN - Document de travail - novembre 2009»

La finalité de l'évaluation n'est pas de faire un diagnostic exhaustif de la biodiversité à l'échelle de l'exploitation mais bien d'évaluer cette biodiversité en fonction des changements de pratiques agricoles. C'est pourquoi, aux propositions d'échantillonnage représentatif de l'exploitation pourront être préférées des observations ponctuelles choisies par l'observateur en fonction d'une pratique particulière.

2.3.3.3. Indicateurs de la biodiversité sauvage patrimoniale (extra-agricole)

En ce qui concerne la biodiversité patrimoniale (plantes et animaux) on pourrait s'intéresser aux espèces figurant dans la liste rouge des espèces menacées de l'UICN si certaines de ces espèces peuvent être dans l'exploitation ou dans les alentours de l'exploitation. Les services de l'État s'occupant de la protection de la nature seront contactés pour connaître la présence ou non de ces espèces au niveau local. Des informations existent sur les sites de l'UICN - <http://www.iucnredlist.org/>; <https://www.iucn.org/regions>; <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/iucn-red-list-ecosystems>. Dans le cadre de ce manuel l'indicateur sera la présence ou non de ces espèces en danger au sein de l'exploitation ou dans ses alentours proches. S'il y en a des présentes on évitera leur destruction et on les protégera par des pratiques adéquates dans l'exploitation. Pour les espèces végétales on essayera de planter au niveau des IAE/UAE des espèces en voie de raréfaction.

2.3.3.4. Exemple d'étapes pour le choix d'indicateurs

Un Projet de recherche appelé BioBio (Indicateurs de biodiversité dans les systèmes d'agriculture biologique et à faible niveau d'intrants, UE FP7, KBBE-227161, 2009–2012) a eu comme objectif d'identifier une série d'indicateurs de biodiversité (i) scientifiquement fondés, (ii) génériques à l'échelle européenne (iii) pertinents et utiles pour les parties prenantes. BioBio a appliqué une approche en deux phases pour filtrer les indicateurs comme illustré dans la figure ci-après.

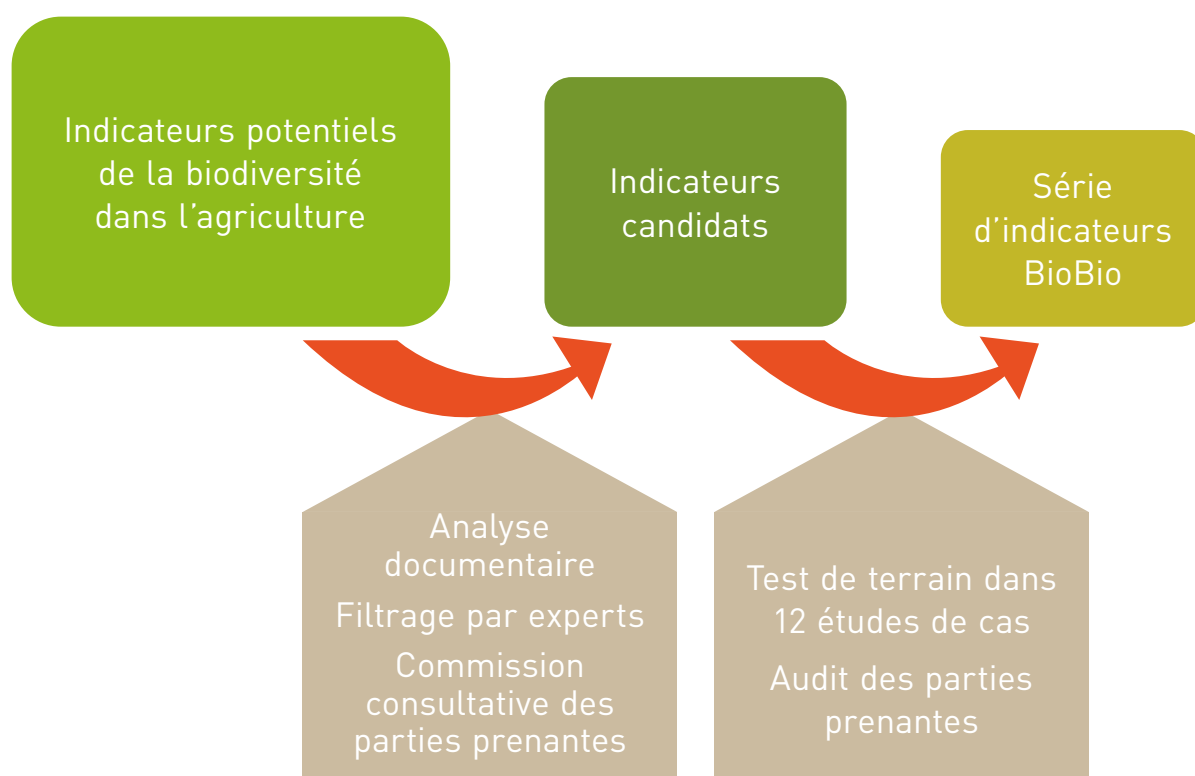


Figure 14 : Étapes pour filtrer et choisir les indicateurs dans le Projet BioBio

Source : Indicateurs de biodiversité dans les systèmes agricoles européens - Sommaire du guide -
 Éditeurs : Felix Herzog, Katalin Balázs, Peter Dennis, Ilse Geijzendorffer, Jürgen K. Friedel, Philippe Jeanneret, Max Kainz, Philippe Pointereau - Research Station Agroscope Reckenholz-Tänikon ART – 2012

Cet exemple montre que le choix des indicateurs demande plusieurs étapes qui peuvent être assez longues et qui demandent l'intervention de plusieurs types d'acteurs ainsi qu'une période de validation.

Pour les grandes cultures et l'horticulture BioBio avait retenu les indicateurs suivants

Indicateurs de la diversité génétique végétale et animale

- Nombre et quantité des différentes variétés
- Origine des cultures

Indicateurs de diversité des espèces

- Plantes vasculaires
- Abeilles sauvages et bourdons
- Araignées
- Vers de terre

Indicateurs de diversité des habitats

- Richesse des habitats
- Diversité des habitats
- Taille moyenne des parcelles d'habitat
- Longueur des éléments linéaires par hectare
- Richesse des cultures
- Pourcentage des terres agricoles avec arbustes
- Couverture d'arbres
- Pourcentage d'habitats semi-naturels

Indicateur de gestion agricole

- Apport énergétique total direct et indirect
- Intensification/Extensification
- Dépenses en intrants pour la production
- Surface recevant des engrais azotés minéraux
- Apport total d'azote (chimique, organique et symbiotique)
- Nombre d'interventions sur les champs
- Utilisation de pesticides

Dans un but de dissémination, les possibilités d'application plus large des indicateurs de biodiversité BioBio ont été testées dans d'autres zones agro-écologiques et dans un contexte de politique publique différent. Ils ont été notamment testés en agriculture de subsistance, biologique et non-biologique, en Ouganda.

Dans ce pays, l'approche BioBio était généralement applicable, tout en nécessitant des adaptations et des développements pour pouvoir être utilisable en tenant compte des spécificités nationales :

- Indicateurs des habitats : la clé utilisée pour les habitats ne peut couvrir la diversité des cultures intercalaires des petits exploitants en Ouganda et nécessite des développements complémentaires pour pouvoir être appliquée sous les tropiques.
- Indicateurs des espèces : l'expertise taxonomique fait défaut en Ouganda.
- Diversité génétique végétale et animale : les indicateurs ont été utilisés de la même façon que dans les régions d'études de cas européennes. L'Ouganda était la seule étude de cas avec une part substantielle de variétés locales.
- Indicateurs de gestion : le contexte socio-économique, le niveau d'éducation des agriculteurs et le niveau technologique sont différents en Ouganda par rapport aux études de cas européennes et le questionnaire devrait être adapté en fonction.

Ce test en Ouganda a montré que pour une application pratique, il serait nécessaire d'adapter la série d'indicateurs à un niveau de ressources différent (financement, connaissances, infrastructure et institutions).

2.3.3.5. Synthèse des éléments à retenir

Le tableau ci-après reprend les principaux points à retenir en donnant quelques exemples d'indicateurs pour une exploitation à vocation maraîchère et /ou fruitière.

| | | |
|---|-------------------------|--|
| Biodiversité domestique | Indicateurs d'état | Indicateurs directs : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces végétales cultivées • Nombre moyen de variétés par espèces • Présence d'espèces/variétés locales • Présence d'animaux d'élevage |
| | Indicateurs de pression | <ul style="list-style-type: none"> • Niveau de disponibilité en semences variées • Variabilité de la demande du marché • Impact des bioagresseurs |
| Biodiversité para-agricole végétale | Indicateurs d'état | Indicateurs directs : <ul style="list-style-type: none"> • Indicateur quantitatif : taux d'IAE/UAE sur l'exploitation • Indicateur qualitatif : état (qualité écologique) des IAE/UAE |
| | Indicateurs de pression | <ul style="list-style-type: none"> • Impact des herbicides • Impact des machines agricoles • Pratiques de taille d'entretien |
| Biodiversité para-agricole animale | Indicateurs d'état | Indicateurs indirects : <ul style="list-style-type: none"> • Taux et état des IAE/UAE • Agencement spatial et gestion temporelle des cultures Indicateurs directs : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces animales et abondance |
| | Indicateurs de pression | <ul style="list-style-type: none"> • Type de travail du sol • Couvert du sol • Produits phytosanitaires utilisés • Utilisation des fertilisants • Utilisation de l'eau |
| Biodiversité extra-agricole (patrimoniales) | Indicateurs d'état | Indicateurs directs : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces végétales ou animales remarquables (patrimoniales) dans l'exploitation, nombre d'individus de chaque espèce |
| | Indicateurs de pression | <ul style="list-style-type: none"> • Type de défrichage • Impact des herbicides • Impact des machines agricoles • Produits phytosanitaires utilisés |

2.4. LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ

Avant d'engager des actions en faveur de la biodiversité à l'échelle d'une exploitation agricole, il faut réaliser un **diagnostic**.

Celui-ci va se faire en se basant sur l'observation d'**indicateurs d'état** in situ qui consiste à faire un inventaire des espèces et des écosystèmes que l'exploitation abrite et refléter ainsi l'état réel de la situation. Connaître l'état réel de la situation à un moment donné permet de mieux planifier les actions à prendre sur base d'objectifs correctement définis et de mesurer par après la progression de la biodiversité.

Les indicateurs d'état traduisent le résultat de **pressions « positives » ou « négatives »** exercées par les pratiques dans l'exploitation. Il est donc utile de recenser également les **pratiques agricoles** en les analysants pour définir si elles ont des effets positifs ou négatifs sur la biodiversité. Les pratiques pourront être ainsi remplacées ou modifiées pour améliorer l'état de la biodiversité.

Il faut noter que jusqu'à très récemment, à l'échelle d'une exploitation, ce diagnostic permettant d'évaluer la biodiversité n'était le plus souvent pas réalisé. Le temps, et donc le coût, générés par les observations de terrain nécessaires sont un frein à la réalisation des diagnostics.

Afin de sensibiliser les agriculteurs et de donner un outil permettant de réaliser ce diagnostic, plusieurs initiatives ont essayé de développer des méthodes de travail fiables, réalistes et réalisables plus facilement.

2.4.1. Quelques méthodes existantes

Les références existantes ont été répertoriées afin d'identifier les méthodes existantes d'évaluation proposées actuellement. Il faut noter ici que l'évaluation de la biodiversité n'est souvent qu'une petite partie incluse dans des diagnostics environnementaux ou de durabilité.

Trois principaux types de méthodes de diagnostic ou évaluation ont été identifiées en France⁵² :

- des diagnostics agro-environnementaux, composés généralement d'indicateurs, avec barèmes ou note, avec un volet biodiversité plus ou moins développé ;
- des méthodes « naturalistes », de type inventaires/suivis d'espèces, nécessitant généralement des compétences en termes d'identifications d'espèces/milieus ainsi que du temps important pour la réalisation ;

52 Projét IBIS <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3822/36230/file/Vol25-10-Cervek.pdf>

- des méthodes avec questions plus ouvertes, visant à comprendre le système d'exploitation agricole.

Les méthodes développées ou en développement sont le plus souvent des méthodes destinées à des consultants ou des encadreurs pour les aider à accompagner les producteurs sur la thématique de la biodiversité. Ces méthodes sont l'aboutissement d'un travail de concertation entre les différents acteurs concernés. Cependant, les méthodes ou outils utilisables directement par des producteurs sont rares ou la possibilité d'appropriation par les agriculteurs dépend de leur détermination mais surtout de leur niveau de connaissances.

Les méthodes et outils présentés ci-après ne sont que des exemples de celles qui traitent directement de la biodiversité :

- **DBPA : Diagnostic Biodiversité et Pratiques Agricoles**



Ce diagnostic est né des préoccupations environnementales dans les espaces agricoles. L'outil se veut capable de sensibiliser les agriculteurs, en y associant différents acteurs rassemblés autour de cette problématique, alliant biodiversité et pratiques agricoles. La finalité de ce diagnostic est d'encourager l'agriculteur à développer des actions en faveur de la biodiversité.

Le diagnostic est constitué de 27 indicateurs regroupés au sein de 5 thématiques :

- Assolement et parcelles culturales.
- Couverture du sol.
- Répartition des Infrastructures Agro-Écologiques (IAE) et des connectivités.
- Gestion des cultures.
- Qualité et gestion des IAE.

- **Projet IBIS (Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitation agricoles)**



Le projet IBIS s'est reposé sur un travail concerté entre différents acteurs du développement agricole, de l'environnement, de la gestion de la faune sauvage, de la recherche et de la formation. Il a produit une boîte à outils à destination des acteurs souhaitant accompagner les agriculteurs sur la thématique Biodiversité.

La méthode de diagnostic IBIS est utilisable sur des exploitations en grandes cultures ou en polyculture-élevage, situées sur des milieux allant de la plaine ouverte au bocage.

- **ECODIAG - Ecological Diversity and Agriculture**

Il s'agit de trois outils complémentaires mis en commun et permettant d'apprécier l'état de la biodiversité, aussi bien au niveau de la parcelle cultivée que du système d'exploitation.

Ils peuvent être utilisés aussi bien comme outils de sensibilisation, que d'évaluation, ou de conduite d'une exploitation agricole dans l'objectif de préserver la biodiversité, mais aussi comprendre son utilité.

- **IBEA**

L'outil IBEA (Impact des pratiques sur la Biodiversité des Exploitations Agricoles) est un logiciel d'évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité à l'échelle de l'exploitation.

L'outil ne permet pas d'évaluer l'état de la biodiversité de manière directe, mais au travers des pratiques agricoles et de leur impact sur cette biodiversité.

Le diagnostic réalisé par l'outil IBEA s'applique à l'échelle de l'exploitation agricole en tant qu'unité décisionnelle de l'agriculteur (ensemble du site, y compris les espaces non agricoles gérés par l'agriculteur). L'ensemble des pratiques est ainsi pris en compte (choix des productions, itinéraires techniques, rotations et assolement, organisation des parcelles...).

La biodiversité concernée est elle aussi entendue au sens large : biodiversité domestique (espèces, races et variétés) et sauvage, ordinaire et remarquable.

L'outil peut être utilisé sur tout type d'exploitation : tout système de production, tout contexte agricole.

- **Le «Cool Farm Tool Biodiversity»**

Cet outil, disponible en ligne, permet aux agriculteurs de quantifier par des points leurs pratiques en faveur de la biodiversité. Ils peuvent ainsi montrer qu'ils font des actions pour la biodiversité et suivre leur progrès dans la prise en compte de la biodiversité.

- **Gaia Biodiversity Yardstick**

C'est un outil en ligne qui permet de quantifier la biodiversité sur une exploitation. Il donne aux agriculteurs et aux entreprises alimentaires une idée du niveau de la protection et de la promotion de la biodiversité dans l'exploitation. L'outil indique les effets attendus des pratiques et activités sur la biodiversité dans et autour de l'exploitation.

Il comprend 40 questions réparties sur 6 thèmes :

- Cultures et variétés cultivées.
- Gestion globale appliquée et bénéfiques pour la biodiversité (protection des cultures, fertilisation et gestion du sol).
- Aires de productions utilisant une gestion ciblant la protection de l'environnement (culture extensive, fauche tardive, etc.).
- Zones non productives de l'exploitation et leur gestion (cours d'eau, haies, etc.)
- Gestion des réserves naturelles.
- Zones vertes des cours de ferme et leur gestion.

Cette liste des méthodes et outils non exhaustive montre qu'il existe donc beaucoup d'initiatives, en tout cas au niveau européen. Cependant force est de constater que les méthodes existantes ont été développées surtout pour les grandes cultures. Les méthodes pour les cultures maraîchères et fruitières sont peu développées et pratiquement pas pour les milieux tropicaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

DBPA

<http://www.hommes-et-territoires.asso.fr/nos-outils/dbpa>

IBIS

http://www.centre.chambagri.fr/cd_ibis/ibis_le_site.html ;
<http://ecophytopic.fr/tr/innovation-en-marche/programmes-casdar/ibis-int%C3%A9grer-la-biodiversit%C3%A9-dans-les-syst%C3%A8mes-d>



ECODIAG

http://documents.cdrflorac.fr/Ecodiag_Diagnostic.pdf

IBEA

<http://www.pole-gestion.fr/uploads/ged/document/2014-10/IBEA-Notice-Avril2012.pdf>

Cool Farm Tool Biodiversity

<https://coolfarmtool.org/coolfarmtool/biodiversity/>

Gaia Biodiversity Yardstick

www.gaia-biodiversity-yardstick.eu

2.4.2. Méthodologie proposée

Evaluer la biodiversité pour ensuite planifier et mettre en œuvre dans sa propre exploitation des mesures en faveur de la biodiversité est un processus captivant, instructif et enrichissant. En effet, cette démarche est pour les exploitants une opportunité pour mieux intégrer les services rendus par la biodiversité dans le fonctionnement des agro-écosystèmes.

Un tel projet peut toutefois s'avérer être un vrai défi, parce qu'il nécessite de bonnes connaissances spécifiques sur les plantes, les animaux sauvages et les écosystèmes ainsi que d'autres informations en vue de la planification.⁵³

D'une façon générale, les mesures pour l'amélioration de la biodiversité doivent être pertinentes non seulement sur le plan écologique mais aussi du point de vue économique. C'est la raison pour laquelle elles devraient toujours être adaptées non seulement aux caractéristiques du milieu naturel mais aussi aux conditions particulières de l'exploitation.

53 Adapté de : La biodiversité sur l'exploitation agricole - Guide pratique - FIBL, Station ornithologique suisse - 2016.

La méthode d'évaluation utilisée devra présenter les caractéristiques suivantes :

- Être rapide et accessible au plus grand nombre (facile d'usage).

Elle doit pouvoir être implémentée, au moins partiellement, directement au sein de l'exploitation, par des agriculteurs suffisamment instruits, des managers d'entreprises et des cadres d'entreprise responsables de la composante « environnement » ou de la production durable.

Elle doit servir également à des conseillers/vulgarisateurs agricoles et doit donc privilégier la compréhension et l'échange entre ceux-ci et les agriculteurs. En effet, avant d'apporter un conseil, il faut comprendre le fonctionnement de l'exploitation agricole afin de prendre en compte les contraintes de l'exploitant, ses projets, ses objectifs.

- Robuste (utilisable dans un large domaine de validité en terme de milieux et de systèmes).
- Sensible (qui discrimine).
- Pertinente (qui contribue effectivement à une sensibilisation et une évolution vers une plus grande biodiversité et une agriculture durable).

Elle doit également permettre par sa forme et son contenu de faire connaître à l'agriculteur son patrimoine naturel pour lui permettre de se l'approprier.

D'autre part l'exploitant doit pouvoir, à partir du diagnostic, travailler, en collaboration avec d'éventuels appuis extérieurs, sur la construction et la mise en œuvre des préconisations de gestion de cette biodiversité à l'intérieur du système d'exploitation.

Est proposée ici une démarche méthodologique permettant **d'évaluer l'état de la biodiversité et le niveau de pression des pratiques** sur une exploitation agricole ayant comme vocation première la production maraîchères et/ou fruitières. Ceci afin de pouvoir monter un **plan d'action** permettant de préserver ou de favoriser la biodiversité et d'évaluer facilement les résultats et la progression.

La méthodologie est de type « ouverte », c'est-à-dire qu'elle ne se base pas uniquement sur des indicateurs. On peut la qualifier « d'approche globale de l'exploitation, des milieux et des pratiques agricoles, appliquée à la biodiversité ».⁵⁴

La démarche doit être menée le plus possible par l'exploitant et son équipe. L'appel à l'aide extérieure ne devra se faire qu'en cas de besoin.

54 La biodiversité dans les systèmes d'exploitation agricole : le projet IBIS - Céline CERVEK - Agronomie- environnement - OCL VOL. 18 N8 3 mai-juin 2011.



Remarque : La méthodologie proposée ici n'a pas été testée et validée dans le contexte des productions de fruits et légumes en pays ACP. Il ne s'agit que d'une proposition qui devra être testée et validée dans la pratique afin d'apporter des améliorations/adaptations et de la développer plus profondément. Il est d'autre-part important de coconstruire la méthode par des échanges entre les principaux bénéficiaires qui sont les agriculteurs et les demandeurs comme les certificateurs et les metteurs sur le marché ou les institutions publiques.

La présente proposition se réfère principalement à un objectif de développer les services écosystémiques favorables à la production. Notamment ceux permettant la réduction de l'usage des Produits de Protection des Plantes. Cela va dans le sens de la proposition de l'UICN (congrès mondial de la Nature, Hawaii 2016) qui considère que la promotion des pratiques **durables** pour protéger la biodiversité sauvage implique **la réduction de l'usage des produits phytosanitaire**⁵⁵. Par exemple les produits systémiques néonicotinoïdes et le fipronil sont notamment mis sur la sellette car considérés comme étant très néfaste à la biodiversité animale, et nécessitent leur remplacement par des alternatives⁵⁶.

La méthodologie proposée se décompose selon les compartiments évoqués auparavant et rappelés par le schéma ci-après. Des indicateurs seront définis au niveau de chacun de ces compartiments.

55 La biodiversité dans les référentiels de l'agroalimentaire – Solagro - MAAF - 16 mai 2017.

56 <http://www.tfsp.info/resources/>
<https://www.linktv.org/shows/earth-focus/episodes/neonicotinoids-the-new-ddt>

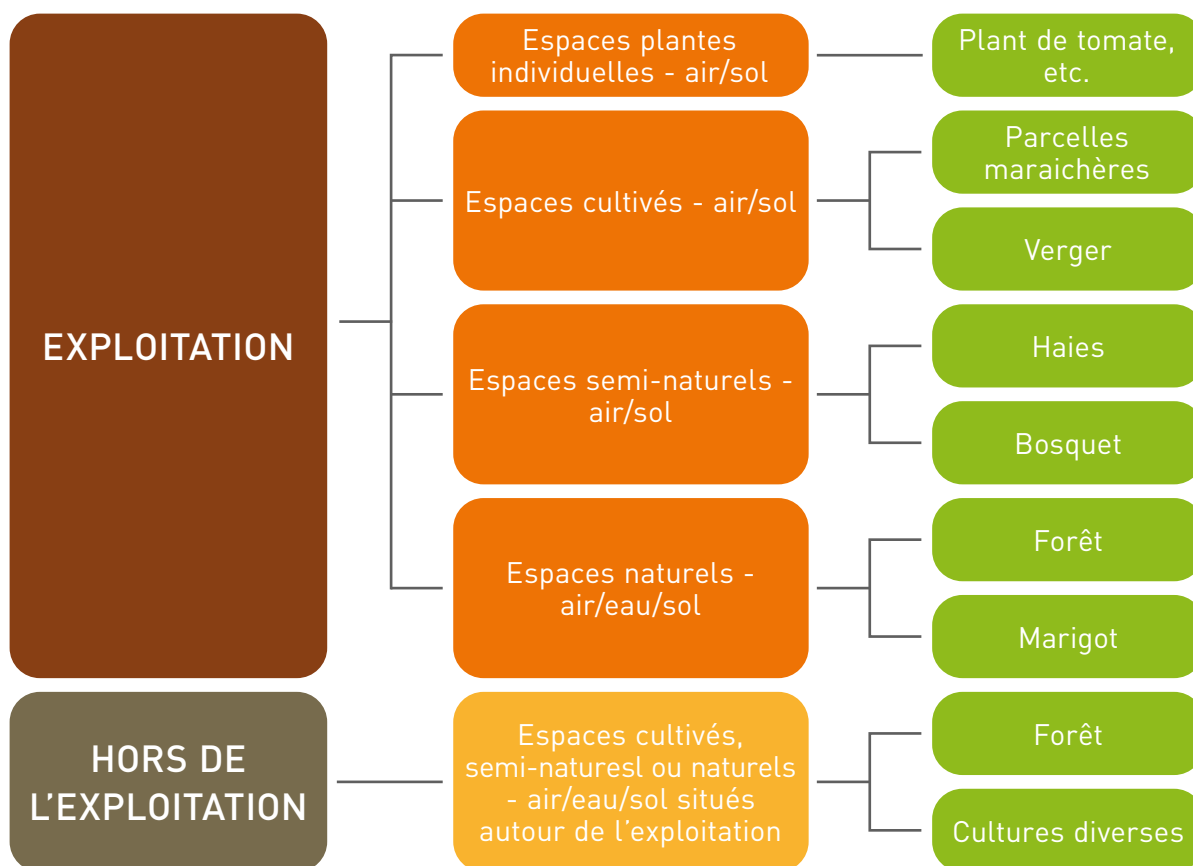


Figure 15: Exemples d'occupations des compartiments dans l'exploitation et en dehors de celle-ci

2.4.3. Description des étapes à suivre

Les étapes ci-après sont proposées pour effectuer l'évaluation. Nous ne prendrons pas en compte ici le compartiment plante individuelle car l'évaluation de la biodiversité y est assez pointue et la plupart du temps pas à la portée des agriculteurs.



Le temps à consacrer pour réaliser cette évaluation dépendra des objectifs fixés, des moyens disponibles et de l'étendue et de la précision que l'on veut ou l'on peut lui donner. Il est généralement nécessaire que l'évaluation s'étende sur une année entière pour couvrir les différentes saisons de la localité; d'autre part certaines observations devront être réalisées à des moments bien particuliers de l'année ou d'un cycle de culture.

2.4.3.1. *Étape 1: Caractérisation de l'exploitation*

- Cartographie du parcellaire

Cette cartographie va permettre d'identifier, localiser et mesurer les espaces occupés sur l'exploitation par :

- les cultures annuelles et pérennes (vergers...);
- les éléments semi-naturels ou naturels (ou IAE/UAE), y compris éventuellement les espèces patrimoniales fixes et à fort enjeu de conservation comme les arbres remarquables;
- les prairies permanentes cultivées;
- les infrastructures permanentes, rivières et ruisseaux, chemins, bâtiments...;
- la déclivité, les principales caractéristiques locales (sensibilité à l'érosion, présence d'une rivière susceptible de crue brutale, bétail, etc.);
- etc.

Elle va permettre aussi d'identifier et localiser les types d'espaces se trouvant autour de l'exploitation car ceux-ci peuvent être impactés par les pratiques de l'exploitation.

Concrètement, il s'agit d'identifier et de localiser si possible sur photos aériennes (par exemple à partir de Google Earth sur internet ou à l'aide d'un drone), les espaces précédemment cités. Une fois les limites de l'exploitation connues et cartographiées, les espaces sont délimités et dessinés sur photos aériennes au moment de la visite sur le terrain.

Par exemple dans la figure ci-après sont mis en évidence par des couleurs les IAE/UAE présents sur l'exploitation : espaces semi-naturels (Dehesa, Matorral), les arbres isolés, les alignements d'arbres, les bandes enherbées et les prairies naturelles.

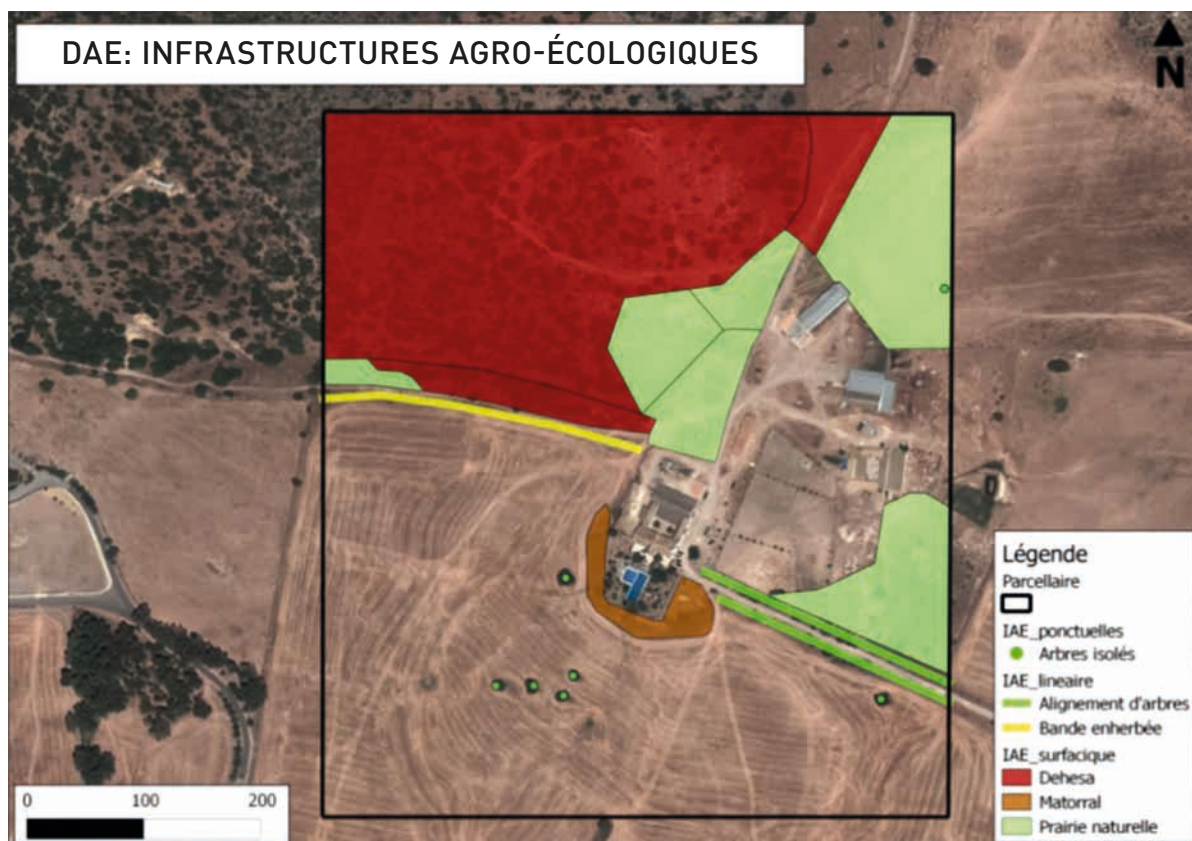


Figure 16: Exemple d'identification des IAE/UAE sur photo aérienne
 Source: <https://www.ecodiag.eu/ftp/typesIAE.pdf>

Lors de la visite de terrain, des photographies peuvent également être prises pour mieux illustrer certaines occupations d'espace et leur évolution (voir exemple en annexe 3).

La cartographie des IAE/UAE et parcelles cultivées dans un Système d'Information Géographique (SIG) permet par la suite de déterminer les surfaces qu'elles occupent et la longueur des linéaires, par exemple des haies, ou encore le nombre de mares ou d'arbres isolés. À défaut de disponibilité de SIG, il faudra prendre les mesures sur terrain.

La cartographie permettra également d'évaluer le niveau d'hétérogénéité de composition et d'hétérogénéité de configuration ainsi que le niveau de connexion entre espaces naturels ou semi-naturels.

Parallèlement, lors de la visite de terrain ou par consultation des bases de données ou des dire d'experts, le technicien de l'exploitation en charge du diagnostic identifie et localise, éventuellement avec un appui externe, les espèces et écosystèmes d'intérêt patrimonial (espèces protégées, espèces menacées...). Ce travail permet par la suite d'informer le propriétaire de la présence d'espèces et écosystèmes à fort enjeu de conservation et de le sensibiliser sur sa responsabilité vis-à-vis de la préservation de ceux-ci.

- **Description de l'état d'évolution de la biodiversité**

Avant toute évaluation de la biodiversité et analyse des pratiques, l'exploitant décrira l'évolution de la biodiversité de l'espace cultivé. La définition de la biodiversité devra être traduite dans la langue locale et dans un langage compréhensible par les agriculteurs.

| Questions guides | Réponses (par les agriculteurs) | Depuis quand ? |
|--|---------------------------------|----------------|
| Quelles sont les plantes sauvages (herbes, arbustes, arbres, etc.) qui n'existent plus sur l'exploitation ? | | |
| Quelles sont les plantes cultivées qui n'existent plus sur l'exploitation ? | | |
| Quelles sont les nouvelles plantes sauvages qui poussent sur l'exploitation ? | | |
| Quels sont les nouvelles plantes cultivées sur l'exploitation ? | | |
| Quels sont les insectes volants et non volants qui n'existent plus sur et dans le sol de l'exploitation ? | | |
| Quels sont les nouveaux insectes volants et non volants qui existent sur et dans le sol de l'exploitation ? | | |
| Quels sont les animaux (ex. les rongeurs) qui n'existent plus sur l'exploitation ? | | |
| Quels sont les nouveaux animaux sauvages qui existent sur l'exploitation ? | | |
| Quelles sont les associations des cultures qui n'existent plus ? | | |
| Quels sont les systèmes de rotation des cultures (succession des cultures et jachère sur l'exploitation) qui n'existent plus ? | | |
| Quels sont les autres changements par rapport aux plantes, insectes, animaux et systèmes de cultures ? | | |
| Quelles sont les raisons de tous ces changements observés ? | | |
| Quelles sont les conséquences de ces changements ? | | |
| Quelles sont les réponses apportées par l'exploitant ou les exploitants ? | | |
| Quel est l'impact de ces réponses sur la biodiversité ? | | |

2.4.3.2. Étape 2: Évaluation de la biodiversité et analyse des pratiques au niveau du compartiment «espaces cultivés»

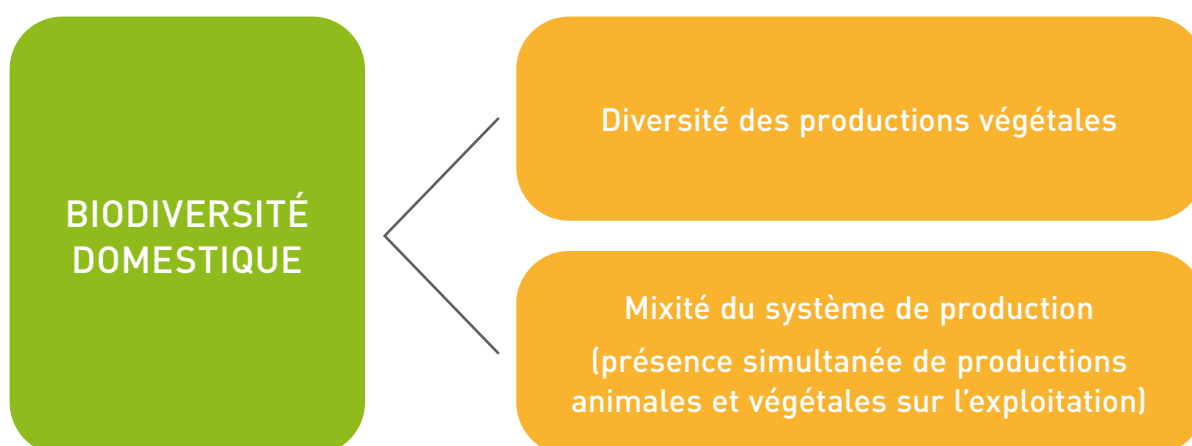
Pour ce compartiment l'évaluation portera tout d'abord sur la **biodiversité domestique** et ensuite sur la **biodiversité sauvage**. L'**analyse des pratiques** sera ensuite effectuée.

Pour les espaces cultivés en plantes annuelles, il est nécessaire de faire l'évaluation à plusieurs périodes de l'année ou au moins une fois par principale saison climatique car l'occupation de ces espaces change en fonction des saisons.

La méthode d'évaluation proposée ici s'inspire de la méthode développée dans le document «IBEA - Un outil de diagnostic de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité - Notice scientifique - 1^{ère} version, mars 2013».

- **La biodiversité domestique**

Le niveau de la biodiversité domestique totale peut être évalué par l'agrégation de deux indicateurs de poids très inégal comme indiqué ci-dessous.



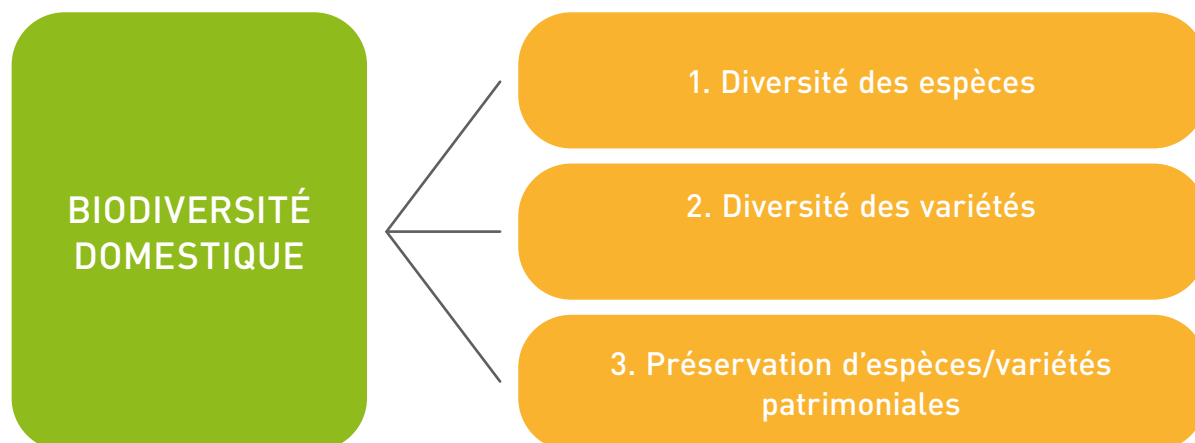
La biodiversité domestique dans l'exploitation est classée, après agrégation des deux indicateurs, dans le tableau ci-dessous comme étant très faible, faible, moyenne, forte ou très forte. La diversité des productions y a beaucoup plus de poids que la mixité du système.

| Mixité du système de production | Diversité des productions | Biodiversité domestique |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| non | très faible | très faible |
| non | faible | faible |
| non | moyenne | moyenne |
| non | forte | forte |
| non | très forte | forte |
| oui | très faible | faible |
| oui | faible | moyenne |
| oui | moyenne | forte |
| oui | forte | très forte |
| oui | très forte | très forte |

a. Diversité des productions végétales

Il est considéré que la diversification des productions constitue un levier très important pour accroître la biodiversité, tant sur le plan de la diversité des espèces sauvages que des espèces domestiques (espèces, races et variétés).

Le niveau de la diversité des productions de l'exploitation sera évalué par l'agrégation de 3 indicateurs comme suit.



Dans la table d'agrégation en annexe 4 une plus grande importance est donnée à la diversité spécifique, base notamment de la rotation des cultures et d'un système équilibré.

Pour pouvoir déterminer le niveau de ces indicateurs il faut faire l'inventaire des espèces et variétés cultivées sur l'exploitation. On calculera le nombre total d'espèces et de variétés cultivées sur l'exploitation. Pour les cultures annuelles, qui varient en nombre et en composition aux différentes périodes de l'année dans une exploitation maraichère tropicale, il faudra calculer une moyenne de ces nombres sur l'année. Deux exemples, l'un pour les cultures pérennes et l'autre pour les cultures annuelles, de la démarche à suivre se trouvent en annexe 5.

Les niveaux de diversité des 3 indicateurs sont définis ci-après.

i. La diversité des espèces

Le niveau de diversité en espèces peut être défini à l'aide des seuils présentés ci-après.

| Niveau diversité des espèces | Seuils en nombre moyen d'espèces cultivées en même temps sur l'exploitation |
|------------------------------|---|
| Très faible | Inférieur ou égal à 3 |
| Faible | De > 3 à = 5 |
| Moyenne | De > 5 à = 7 |
| Forte | De > 7 à = 9 |
| Très forte | Supérieur à 9 |

ii. La diversité des variétés

Le niveau de diversité en variétés peut être défini à l'aide des seuils présentés ci-après. Il est évalué sur base du critère qui est le nombre moyen de variétés pour toutes les espèces végétales sur l'exploitation.

| Niveau diversité des variétés | Seuils en nombre moyen de variétés/espèce pour toutes les espèces cultivées sur l'exploitation |
|-------------------------------|--|
| Très faible | < 2 |
| Faible | De 2 à < 3 |
| Moyenne | De 3 à < 4 |
| Forte | De 4 à 5 |
| Très forte | > 5 |

iii. Préservation d'espèces ou variétés patrimoniales

Certains agriculteurs cultivent des espèces ou variétés «anciennes» ou locales, souvent menacées d'extinction. Cette fonction importante de gestion patrimoniale est valorisée par cet indicateur, quel que soit la surface concernée. L'indicateur consiste en la présence ou non au niveau de l'exploitation. Outre la valeur patrimoniale, l'utilisation de variétés anciennes peut donner des résultats intéressants dans des systèmes extensifs notamment en agriculture biologique; comme par exemple une plus forte tolérance à une invasion d'adventices (Cosser *et al.* 1997 in ESCo, 2008) et une plus grande résistance aux bioagresseurs (Kuc, 2001, in ESCo, 2008) permettant ainsi une réduction des apports d'herbicides (Watson *et al.* 2006, in ESCo, 2008) de fongicides et d'insecticides.⁵⁷

b. Mixité du système de production

La mixité désigne la présence simultanée d'élevages et de productions végétales sur l'exploitation (« polyculture élevage »).

Cette (ces) association(s) renforce(nt) généralement la biodiversité du milieu parce que chaque niveau trophique (végétal et herbivore/granivore) est accompagné de son cortège d'espèces inféodées (commensales, auxiliaires, concurrentes, parasites, symbiontes...).

L'indicateur « mixité » complète la diversité domestique en soulignant l'intérêt des associations systémiques entre agriculture et élevage; s'appuyer sur les complémentarités entre culture et élevage peut permettre de limiter l'impact des pratiques agricoles sur le milieu en général, et sur la biodiversité en particulier. L'indicateur consiste en la présence ou non de mixité au sein de l'exploitation.

57 IBEA - Un outil de diagnostic de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité - Notice scientifique - 1^{ère} version, mars 2013.

Si de l'élevage est présent sur l'exploitation on peut en plus inventorier et comptabiliser les espèces et races présentes et exprimer leur présence en nombre par ha de l'exploitation. Par exemple s'il y a 20 vaches sur une exploitation de 20 ha. Le taux d'occupation par des animaux d'élevage sera de 1 par hectare. Cependant nous ne prendrons pas ici cette mesure en compte.

- **La biodiversité sauvage para-agricole dans les espaces cultivés**

Cette biodiversité est constituée des organismes vivants jouant un rôle important dans les agro-écosystèmes.

Il est conseillé de n'évaluer d'abord que les organismes les mieux connus de l'agriculteur et les plus faciles à évaluer. On peut se limiter au début à 4 à 5 types d'organismes et aller par après progressivement, si nécessaire et si possible, jusqu'à un maximum de par exemple 12 types différents.

Au niveau compartiment aérien on s'intéressera plus particulièrement aux arthropodes utiles (surtout les auxiliaires). On peut par exemple faire une évaluation de la présence de: syrphes, coccinelles, hétéroptères prédateurs, chrysopes, phytoséides (acaréens prédateurs), abeilles, bourdons, araignées. Le choix parmi ces arthropodes sera fait en fonction des services systémiques recherchés, et des problèmes phytosanitaires les plus fréquents voir exemple dans le chapitre 5 (étude de cas).

Au niveau du compartiment du sol le plus souvent on s'intéresse à la présence des carabes et des vers de terre mais en milieu tropical on peut s'intéresser aussi aux termites (les termites constituent souvent le groupe dominant de la pédofaune en milieu tropical) et également aux fourmis qui jouent un rôle important (voir chapitre 3). En milieu tropical il semble qu'il y ait une compétition entre les carabes et les fourmis pour l'occupation des sols. Il est constaté que les fourmis prédominent dans les basses terres au détriment des carabes et qu'au contraire les carabes dominant sur les fourmis plus on monte en altitude.⁵⁸

Les vers de terres sont généralement plus présents dans les tropiques humides et subhumides, tandis que les fourmis et termites sont plus présents dans les régions semi-arides et arides.

Il existe différentes méthodes pour évaluer la diversité et l'importance des populations des organismes sauvages para-agricoles mais peu sont vraiment adaptées à une évaluation faite par l'agriculteur. Elles ne peuvent être toutes détaillées ici; mais ci-après sont donnés quelques exemples.

58 Population Biology of Tropical Insects Allen M. Young.

a. Méthodes d'observation pour les auxiliaires volants

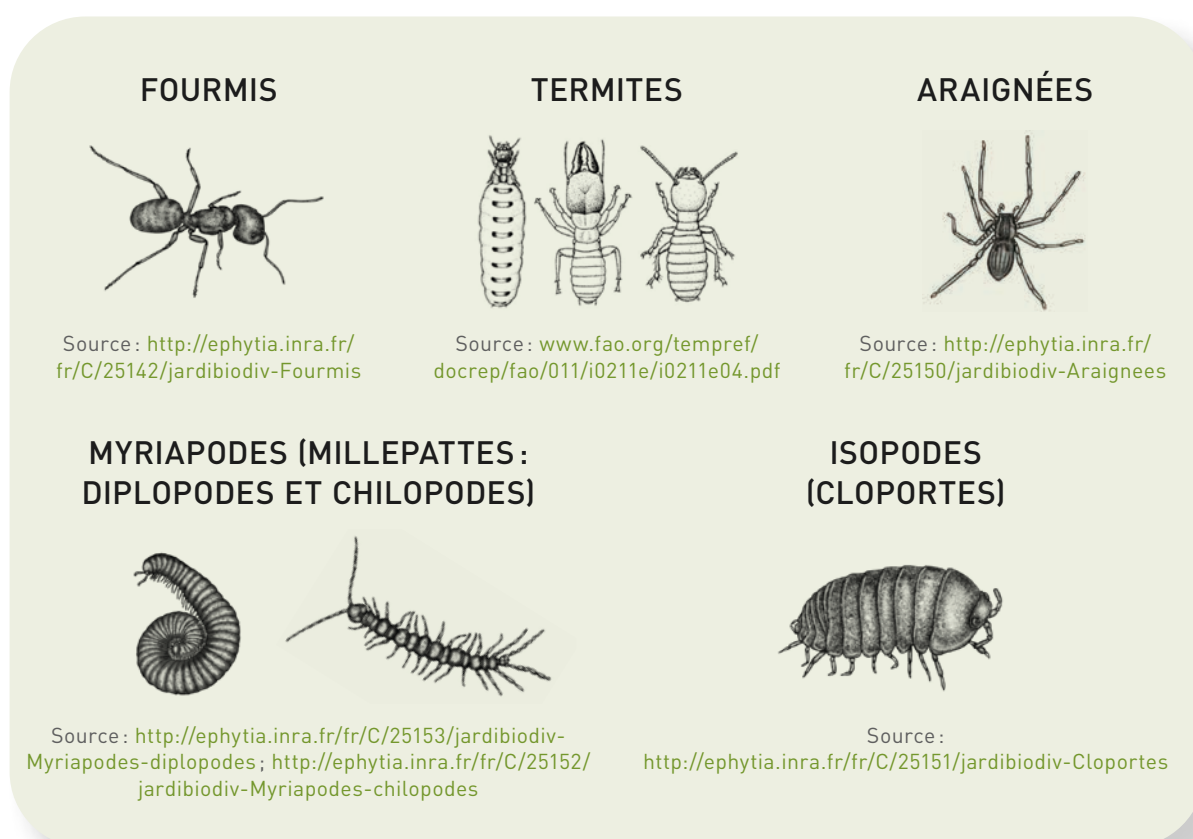
Il existe plusieurs méthodes. En annexe 6 sont citées les trois méthodes les plus facilement utilisables par les agriculteurs : le battage ou frappage de rameaux ; l'observation directe sur le végétal ou contrôle visuel ; le piège jaune.

En annexe 7 sont données quelques exemples d'observation directe pour les ennemis naturels des ravageurs tels que les pucerons, les tétraniques, les mouches blanches, les thrips et les cochenilles farineuses ainsi que des seuils permettant d'estimer le niveau d'importance de la présence de ces auxiliaires. Des références d'aide à l'identification se trouvent ce manuel.

b. Méthodes d'observation pour les organismes de la macrofaune du sol

La macrofaune du sol est constituée d'invertébrés de plus de 2 mm à 80 mm de long^{59,60}.

Sont présentées en annexe 8 des techniques relativement simples d'évaluation des carabes et des vers de terre ; ces méthodes présentées permettent aussi d'évaluer la présence d'autres organismes de la macrofaune du sol comme ceux illustrés ci-après.



59 <http://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/macrofaune.html>

60 http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapC_p5&zoom_id=zoom_c1_1

Les données obtenues de ces observations doivent permettre d'évaluer l'abondance et la diversité de la macrofaune. Cependant, il existe peu de références ou études sur la macrofaune en milieu agricole tropical ; il est donc difficile de dire si un milieu est plus ou moins bien pourvu en macrofaune utile au niveau du sol. Les observations serviront donc plus à comparer les différentes parties de l'exploitation, les exploitations d'une même zone entre elles ou l'évolution dans le temps pour évaluer l'impact sur la macrofaune des changements de pratiques.

À titre d'exemple sont donnés ci-dessous des ordres de grandeur en nombre d'individus par m² et des propositions de classes d'abondance (cotation de 1 à 3) pour les myriapodes, les fourmis et les termites. Les références sur l'abondance des carabes en milieu tropical sont quasi inexistantes et nous n'avons pas pu donner d'information ; il en est de même pour les isopodes et les araignées :

- Myriapodes : 20 à 700⁶¹ – 3 classes sont proposées : faible (< 100), moyen (100 à 300), bon (> 300).
- Fourmis : 300 à 500 m² au Sénégal en zone sèche en milieu naturel - 3 classes sont proposées : faible (< 300), moyen (300 à 500), bon (> 500).
- Termites : 20 à 130 au Sénégal en zone sèche en milieu naturel – 3 classes sont proposées : faible (< 50), moyen (50 à 150), bon (> 150).

Ces classes sont données à titre indicatif et doivent normalement être établies localement sur base d'observations à faire sur le long terme et dans diverses localités de la zone concernée.

Pour les vers de terre il n'existe pas non plus à proprement parlé de seuils car le niveau possible de vers de terre dépend de beaucoup de facteur climato-édaphiques mais on peut retenir les valeurs suivantes. Les sols pauvres en matière organique compteront par exemple bien moins de 100 vers de terre/m² (une dizaine dans les cas extrêmes), tandis que les sols riches en matière organique peuvent atteindre jusqu'à 1000 individus/m². En agriculture biologique le niveau est souvent de 150/m². Néanmoins nous proposons ci-dessous à titre indicatif 3 niveaux d'abondance pour une évaluation par la méthode TSBF.

| Nombre de vers de terre au m ² sur 30 cm de profondeur | Niveau d'abondance et cotation |
|---|--------------------------------|
| Moins de 50 | Faible |
| De 50 à 100 | Moyen |
| Plus de 100 | Bon |

Pour les vers de terre il est utile de pouvoir, lors des observations, distinguer si possible les 3 grandes catégories écologiques des vers de terre ; voir illustration ci-dessous.

61 Biodiversité et fonctionnement des sols S. Barot IRD UMR 137.
<http://studylibfr.com/doc/3490268/esol--biodiversit%C3%A9-et-fonctionnement-des-sols>

LA DIVERSITÉ DES VERS DE TERRE 3 GRANDES CATÉGORIES ÉCOLOGIQUES

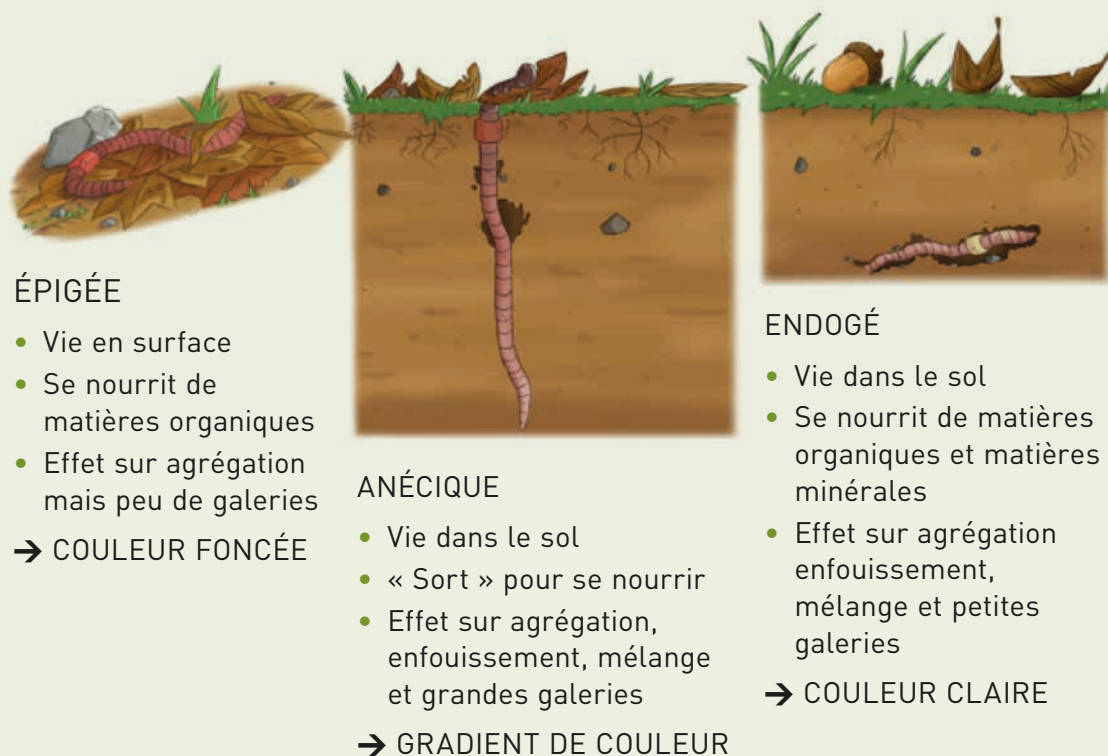


Figure 17: La diversité des vers de terre

Source : <https://animasol.jimdo.com/voir-et-comprendre/zoom-sur-les-vers/>

Les vers de terre sont abondants et constituent de fortes biomasses dans les situations où la pluviométrie dépasse les mille à mille cent millimètres. Dans les savanes de l'Afrique de l'Ouest, les vers de terre géophages endogés, qui se nourrissent de la matière organique du sol, constituent souvent le groupe dominant, contrairement aux zones tempérées où les vers de terre épigés ou anéciques qui consomment essentiellement la litière, prédominent (Lavelle *et al.* 1990).⁶²

Pour réaliser une évaluation globale de la macrofaune du sol sur l'exploitation les données collectées peuvent être compilées en donnant une cotation dans un tableau d'évaluation qui reprend 3 indices : l'abondance, la diversité et l'équitabilité. On donnera plus de poids à l'abondance qu'aux deux autres indices en suivant le système de cotation proposé ci-dessous :

- Abondance : faible = 2, moyen = 4, bon = 6
- H' (Indice de Shannon) : faible (< 0,5) = 1, moyen (0,5 à 1) = 2, bon (> 1) = 3
- E (Indice d'équitabilité) : faible (0 à 0,5) = 1, moyen (> 0,5 à 0,75) = 2, bon (> 0,75 à 1) = 3
- Si pas de donnée pour H' et E = par défaut même valeur de classe que l'abondance.

En fonction de la moyenne des sommes des cotations pour les différents type d'organismes ; on pourra déterminer si la biodiversité de la macrofaune à l'échelle des parcelles de l'exploitation est problématique, moyenne ou favorable en tenant compte des seuils définis ci-dessous.

| Moyenne de la somme de la cotation des 3 indices | Valeur globale biodiversité de la macrofaune |
|--|--|
| 4 à 7 | problématique |
| > 7 à < 9 | moyenne |
| 9 à 12 | favorable |

Par exemple :

| Organisme | Abondance | Diversité (H') | Equitabilité € | Évaluation globale totale |
|---------------|-----------|----------------|----------------|---------------------------|
| Vers de terre | 2 | / (1)* | / (1)* | 4 |
| Termites | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Fourmis | 6 | 2 | 3 | 11 |
| Myriapodes | 4 | 2 | 2 | 8 |

30/4 = 7,5
Biodiversité de la macrofaune du sol moyenne

*valeur par défaut faute de données

L'abondance et la structure des peuplements de la macrofaune du sol peuvent varier de façon importante en fonction des conditions climatiques, du sol et de la végétation. Les densités (500 à 2000 individus/m²) et les biomasses (10 à 40 g/m²) de macro-invertébrés trouvées dans les jachères au Sénégal, dans le centre du bassin arachidier et en Haute-Casamance, sont relativement élevées compte tenu des conditions climatiques : période sèche d'une durée supérieure à six mois ; pluviométrie annuelle de sept cent cinquante millimètres dans le centre du bassin arachidier et de mille millimètres en Haute-Casamance ; ces densités et ces biomasses sont du même ordre de grandeur que celles de différents agroécosystèmes tropicaux de zones plus humides (Lavelle & Pashanasi, 1989 ; Lavelle *et al.*, 1991 ; Gilot *et al.*, 1994) ; ces biomasses sont plus élevées que celles des vertisols du Cameroun septentrional où les précipitations sont de sept cent cinquante millimètres ; au Zimbabwe (850 mm de précipitation en 5 mois de saison des pluies), les peuplements de macro-invertébrés des savanes arbustives, dominés par les termites, ont des biomasses de l'ordre de dix grammes par mètre carré, liées à la moindre abondance des vers de terre (Dangerfield, 1990).⁶³

63 http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-11/010024585.pdf

L'évaluation de l'abondance de la macrofaune du sol au niveau des parcelles de l'exploitation pourrait être faite dans un premier temps simplement en pesant la macrofaune collectée par m² en utilisant la méthode TSBF; cela permettrait d'avoir au moins une idée de l'importance de cette macrofaune en la comparant aux références citées ci-dessus ou d'autres références qui pourraient être trouvées.

c. Autres informations

Autres informations plus détaillées sur « Comment observer et piéger les auxiliaires » :

- Comment observer et piéger les auxiliaires entomophages - <http://arena-auximore.fr/observer-2/>
- Comment installer et relever des pièges pour suivre les populations ? - <https://www.arvalis-infos.fr/comment-installer-et-relever-des-pieges-pour-suivre-les-populations--@/view-21732-arvarticle.html>
- A Pocket Guide - Common Natural Enemies of Crop and Garden Pests in the Pacific Northwest - <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1613>

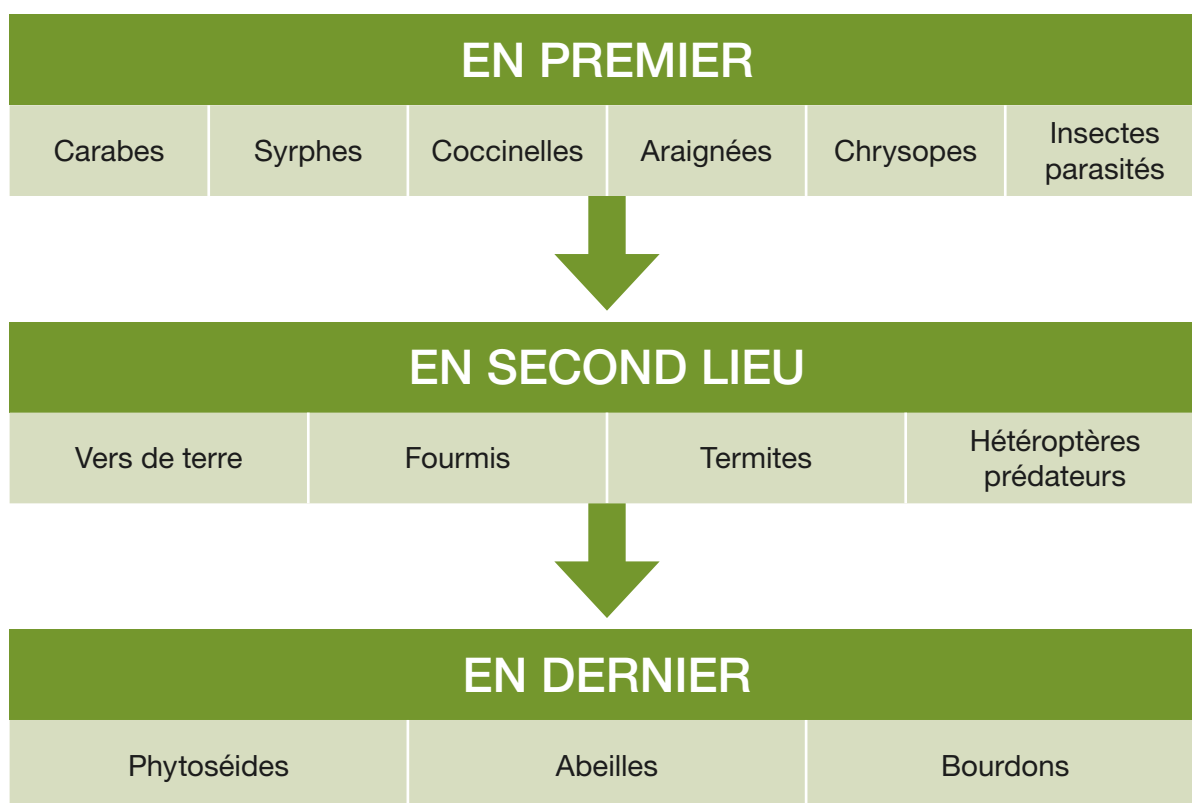


Figure 17 : À RETENIR : Type d'organismes sauvages para-agricole à évaluer classés par ordre de facilité/importance à réaliser l'observation

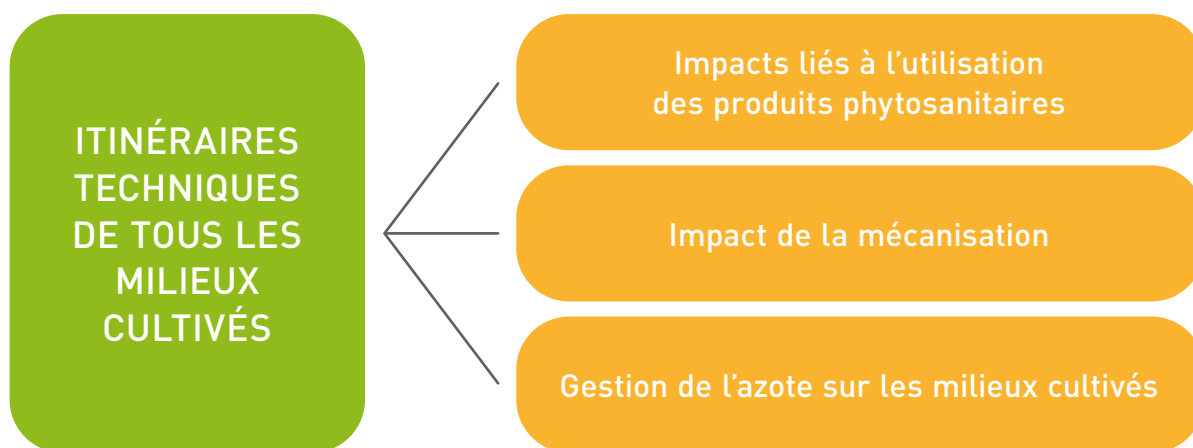
- **Analyse des pratiques dans les espaces cultivés**

Cette analyse revient à mesurer la qualité des milieux cultivés en fonction des pratiques. La qualité est la capacité de ces milieux à maintenir un nombre plus ou moins grand d'espèces sauvages et plus particulièrement la biodiversité sauvage para-agricole qui est la plus utile aux processus des productions de l'exploitation.

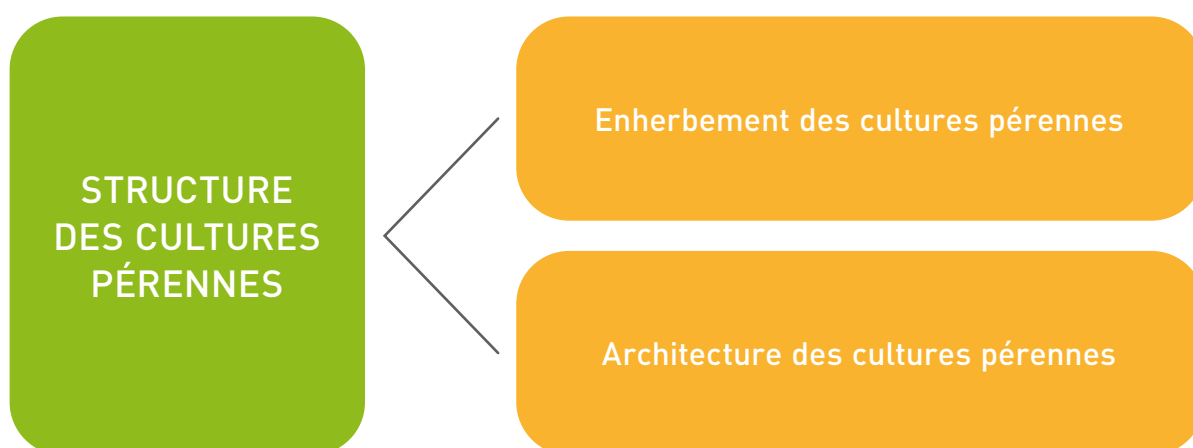
Les milieux cultivés comprennent l'ensemble des terres travaillées (assolées) ce qui exclut les prairies permanentes et les prairies temporaires de plus de 5 ans (considérées comme des milieux semi-naturels), la forêt (même pâturée) et les surfaces hors SAU.

On s'intéresse ici aux **itinéraires techniques** de tous les milieux cultivés et à **la structure des cultures pérennes** pour évaluer le niveau de qualité des espaces cultivés.

Pour les itinéraires techniques l'analyse des impacts se décompose comme suit :



Pour la qualité de la structure des cultures pérennes (espèces ligneuses ainsi que bananiers et papayers) l'analyse se décompose ainsi.



La procédure à suivre pour réaliser cette évaluation de la qualité des itinéraires techniques et de la structure des cultures pérennes se trouve en annexe 9.

L'agrégation de l'analyse des **itinéraires techniques** de tous les milieux cultivés et de la **structure des cultures pérennes** pourra permettre de classer la «qualité des milieux cultivés» d'une exploitation en fonction de quatre classes : **problématique** ; **médiocre** ; **acceptable** ; **favorable**. Pour établir le classement, le critère «itinéraire technique de tous les milieux cultivés» a un poids plus important dans le résultat final que les «spécificités des cultures pérennes», puisqu'il regroupe plus de critères de base.

Table d'évaluation par agrégation

| | Itinéraire technique de tous les milieux cultivés | Structure des cultures pérennes | Qualité des milieux cultivés |
|----|---|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | problématique | médiocre | problématique |
| 2 | problématique | acceptable | problématique |
| 3 | problématique | absence de cultures pérennes | problématique |
| 4 | problématique | favorable | médiocre |
| 5 | médiocre | médiocre | médiocre |
| 6 | médiocre | acceptable | médiocre |
| 7 | médiocre | absence de cultures pérennes | médiocre |
| 8 | médiocre | favorable | acceptable |
| 9 | acceptable | médiocre | acceptable |
| 10 | acceptable | acceptable | acceptable |
| 11 | acceptable | absence de cultures pérennes | acceptable |
| 12 | acceptable | favorable | favorable |
| 13 | favorable | médiocre | acceptable |
| 14 | favorable | acceptable | favorable |
| 15 | favorable | absence de cultures pérennes | favorable |
| 16 | favorable | favorable | favorable |

- **Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés**

- a. **Diversité de l'assolement des cultures annuelles et pluriannuelles**

La diversité de l'assolement est définie par la multiplicité des cultures et l'absence d'une culture dominante ; elle permet une grande variété d'habitats et de ressources pour la biodiversité. Dans les systèmes agricoles très simplifiés, la culture principale peut occuper plus de 50% de l'espace, (Ex. assolement de deux cultures) voire même 100% (une seule culture) et entraîner de graves et brutales pénuries de ressources et d'habitats pour les espèces animales juste après les récoltes. Dans certaines régions, des assolements simplifiés à l'échelle du territoire, induisent également des discontinuités temporelles et spatiales des ressources très importantes qui peuvent compromettre la survie de nombreux taxons. À l'inverse, un assolement complexe et diversifié tamponne et limite ces périodes critiques.

La diversité de l'assolement est évalué par la proportion, en surface, de la culture principale ou du groupe botanique (par ex. la famille des Solanaceae) par rapport à la SAU. Par culture principale, on ne considère que les cultures annuelles ou pluriannuelles de moins de 5 ans.

| Niveau diversité de l'assolement | Proportion en surface de la culture principale |
|----------------------------------|--|
| Faible | Supérieure à 50 % |
| Moyenne | Comprise entre 30 et 50 % |
| Elevée | Inférieure à 30 % |

L'assolement est une hétérogénéité de composition. Par exemple, selon la période c'est la tomate (*Solanaceae*) ou le gombo (*Malvaceae*) qui est la culture principale. Ces deux cultures principales représentent 50% de la surface cultivée au moment de leur présence sur le terrain; le niveau de diversité de l'assolement peut être considéré dans cet exemple comme moyen.

b. Effet mosaïque lié à la taille des parcelles

L'effet mosaïque lié à la taille des parcelles est évalué par la taille moyenne des parcelles cultivées sur l'exploitation. Pour les grandes cultures, comme les cultures céréalières, il est généralement considéré qu'au-delà de 10 hectares de taille moyenne des parcelles, le maillage écologique du milieu est trop lâche et la biodiversité sauvage s'en trouve pénalisée. En effet la réduction de la taille des parcelles et la présence de haies sont indispensables au maintien d'une forte diversité biologique (Van Elsen, 2000, ESCo, 2008, chapitre 1). Pour les grandes cultures en deçà d'une taille de parcelle de 5 hectares, la stabilité du paysage, et donc des ressources trophiques, est améliorée (résilience du milieu).

Le niveau de mosaïque est évalué par la taille moyenne des parcelles exploitées. Ici, une parcelle est une unité définie par des limites physiques ou de gestion. Par exemple, 2 champs de maïs séparés par une haie constituent 2 parcelles. De même 2 unités de manguiers sans limite physique, mais constituées de variétés différentes et/ou gérées selon un itinéraire technique différent constituent 2 parcelles. On ne prend donc pas en compte la définition cadastrale de la parcelle.

Pour les cultures maraîchères et fruitières nous proposons d'adopter les limites de classes suivantes.

| Niveau de la mosaïque | Seuils en taille moyenne des parcelles |
|-----------------------|--|
| Faible | Taille moyenne des parcelles supérieure à 10 % de la SAU cultivée de l'exploitation |
| Moyenne | Taille moyenne des parcelles comprise entre 5 et 10 % de la SAU cultivée de l'exploitation |
| Forte | Taille moyenne des parcelles inférieure à 5 % de la SAU cultivée de l'exploitation |

Par exemple pour une exploitation ayant 5 ha de terres cultivées les seuils seraient.

| Niveau de la mosaïque | Seuils en taille moyenne des parcelles |
|-----------------------|--|
| Faible | Taille moyenne des parcelles supérieure à 5 000 m ² |
| Moyenne | Taille moyenne des parcelles comprise entre 2 500 m ² et 5 000 m ² |
| Forte | Taille moyenne des parcelles inférieure à 2 500 m ² |

c. Mixité intra-parcellaire

La mixité intra-parcellaire consiste à associer plusieurs espèces et/ou variétés sur la même parcelle. Voir chapitre 4 pour des exemples de mixité intra-parcellaire (associations).

Dans le document d'IBEA⁶⁴, ce critère est évalué par le mélange ou non d'espèces et/ou de variétés sur une même parcelle cultivée : association au moment du semis/ plantation par l'agriculteur. Il y est considéré qu'il y a présence de mixité intra-parcellaire à partir du moment où au moins 5 % de la surface cultivée est en mélange d'espèces. Il suffit de 5 % pour attribuer la valeur « oui » à cet indicateur mais il est évident qu'avoir plus de 5 % de la surface cultivée en mixité et avoir par exemple plusieurs associations différentes est intéressant pour multiplier les interactions et favoriser la diversité.

Nous avons préféré de proposer ici, pour les cultures maraîchères et fruitières, d'adopter les classes ci-dessous. Il faut noter que les mélanges d'espèces de hauteurs des plantes différentes sont considérés plus bénéfiques que des mélanges de plantes de taille similaire. En effet, par exemple, un mélange de maïs + sorgho ou de haricot + arachide/voandzou serait moins bénéfique, vis-à-vis de la biodiversité, qu'un mélange de haricot + sorgho/maïs ou arachide + sorgho/maïs. Pour les surfaces occupées par des mélanges d'espèces de hauteurs de plantes significativement différentes nous suggérons d'appliquer un coefficient x2, ce qui doublera la surface considérée dans le calcul.

| Niveau de mixité | Proportion de la surface cultivée étant en mélange d'espèces |
|------------------|--|
| Faible | Moins de 5 % de la SAU cultivée de l'exploitation est en mélange d'espèces |
| Moyenne | 5 à 25 % de la SAU cultivée de l'exploitation est en mélange d'espèces |
| Forte | Plus de 25 % de la SAU cultivée de l'exploitation est en mélange d'espèces |

64 « IBEA - Un outil de diagnostic de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité - Notice scientifique - 1^{ère} version, mars 2013 »

d. Gestion temporelle des couverts végétaux cultivés

Quand, du fait de l'homogénéité des cultures et des itinéraires techniques, de grandes surfaces sont laissées nues à la même période, il s'établit une rupture temporelle brutale et importante des ressources et des habitats pour de nombreuses espèces animales. Cette situation de pénurie momentanée est aggravée quand elle intervient à certaines périodes critiques.

La continuité est évaluée par la gestion de l'interculture : auto-estimation par l'agriculteur de la proportion de sols ayant une couverture végétale au cours de la période critique (saison sèche en milieu tropical).

Le sol ayant une couverture végétale concerne aussi bien la présence de plantes vivantes que la litière du sol (déchets végétaux) qui sont tous deux susceptibles de constituer un abri et/ou une ressource alimentaire pour la faune et notamment l'entomofaune (les insectes).

| Niveau de continuité | Moyenne de la proportion de sol ayant une couverture végétale pendant la saison sèche |
|----------------------|---|
| Forte | Plus de 50 % de la surface cultivée |
| Moyenne | De 25 à 50 % de la surface cultivée |
| Faible | Moins de 25 % de la surface cultivée |

Par exemple dans un climat tropical à 8 mois de saison sèche il faudrait, pour avoir un niveau de continuité acceptable, qu'en moyenne au moins 50% des terres cultivables soient gardées en saison sèche avec une couverture végétale correcte, comme par exemple une jachère, et qu'il n'y ai pas de destruction de la biomasse par le feu (ex. feux de brousse) durant cette période.

e. Rotation des cultures

Au niveau de la gestion temporelle des couverts végétaux on peut également s'intéresser à évaluer les pratiques de rotation. En effet la simplification des rotations est considérée comme un des facteurs responsables du déclin de la biodiversité (Ewald & Aebischer, 2000 ; in ESCo, 2008, chapitre 1, p43⁶⁵). Cependant, comme indiqué au chapitre 4, mettre en place un système de rotation est assez complexe car plusieurs facteurs locaux, propres à chaque site d'exploitation, doivent être pris en compte.

Ci-après est proposée une méthode d'évaluation de la qualité de la rotation à l'échelle d'une parcelle.

65 http://documents.cdrflorac.fr/INRA_AgricultureEtBiodiversite.pdf

| R ⁶⁶ : coefficient de Ruthenberg | Plus de 2 cycles de culture* successifs avec les mêmes cultures | 2 cycles de culture successifs avec les mêmes cultures | Pas de cycles de culture successifs avec les mêmes cultures |
|---|---|--|---|
| R < 33,4 | faible | moyenne | forte |
| 33 < R < 66,7 | faible | moyenne | forte |
| > 66 | faible | faible | moyenne |

*On entend ici par cycle de culture (ou cycle cultural) la période depuis la plantation ou semis jusqu'à la récolte pour une culture

Pour évaluer la qualité des rotations à l'échelle globale de l'exploitation il faut faire une agrégation de la qualité des rotations de toutes les parcelles. Ceci pourrait se faire par exemple en donnant une cotation chiffrée à chaque parcelle comme suit en fonction du niveau défini précédemment :

| Niveau qualité de la rotation | Cotation |
|-------------------------------|----------|
| Faible | 1 |
| Moyenne | 2 |
| Forte | 3 |

Ensuite cette cotation est pondérée en fonction de la surface de la parcelle en multipliant la cotation par le % de la surface cultivée par rapport au total de la surface cultivée en cultures annuelles.

La somme des cotations pondérées obtenue sera comparée au tableau ci-dessous pour donner l'évaluation du niveau de la qualité des rotations au niveau de l'exploitation.

| Cotation obtenue pour l'exploitation | Niveau qualité de la rotation |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1 à 1,6 | Faible |
| 1,7 à 2,3 | Moyenne |
| 2,4 à 3 | Forte |

66 $R = 100 * \frac{N_c}{N_c + N_b}$ où N_c : nombre d'années qu'une parcelle est sous cultures et N_b : nombre d'années qu'une parcelle est en jachère.

Prenons l'exemple d'une exploitation de 10 ha en cultures maraîchères dans le tableau ci-dessous. La cotation pour l'exploitation est de 2,2, ce qui équivaut à une qualité moyenne de rotation.

| Numéro parcelle | Surface en ha | Cotation rotation | Cotation pondérée |
|-----------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 1 | $1 \times 2/10 = 0,2$ |
| 2 | 4 | 3 | $3 \times 4/10 = 1,2$ |
| 3 | 1 | 2 | $2 \times 1/10 = 0,2$ |
| 4 | 1 | 2 | $2 \times 1/10 = 0,2$ |
| 5 | 2 | 2 | $2 \times 2/10 = 0,4$ |
| Total | 10 | | 2,2 |

f. Agrégation

L'agrégation de la diversité de l'assolement, de l'effet mosaïque, de la mixité et de la continuité temporelle va permettre à l'aide d'un système de cotation de déterminer le niveau de l'organisation spatiale et de la gestion temporelle des espaces cultivés favorables à la biodiversité.

| Diversité de l'assolement des cultures annuelles et pluriannuelles | Mosaïque liée à la taille des parcelles | Mixité intra-parcellaire | Continuité temporelle des couverts végétaux cultivés | Rotation | Cotation à donner à chaque indicateur |
|--|---|--------------------------|--|----------|---------------------------------------|
| faible | faible | faible | faible | faible | 1 |
| moyenne | moyenne | moyenne | moyenne | moyenne | 2 |
| élevée | élevée | élevée | élevée | élevée | 3 |

Le niveau global est subdivisé en quatre classes : problématique ; médiocre ; acceptable ; favorable comme suit.

| Somme de la cotation des 5 indicateurs | Organisation spatio-temporelle des espaces cultivés |
|--|---|
| 5 à 6 | problématique |
| 7 à 9 | médiocre |
| 10 à 12 | acceptable |
| 13 à 15 | favorable |

2.4.3.3. Étape 3 : Évaluation de la biodiversité et l'analyse des pratiques au niveau des compartiments « espaces semi-naturels » et « espaces naturels »

Au niveau de ces espaces (IAE et UAE) on se limitera à l'observation de la végétation qui constitue le meilleur intégrateur des conditions écologiques d'un milieu et assez facile à réaliser. L'évaluation de la biodiversité animale dans ces espaces, plus compliquée, peut être envisagée éventuellement par après avec l'appui de spécialistes.

Pour que les IAE/UAE soient au mieux favorables à la biodiversité ils doivent occuper une surface suffisante de l'exploitation, être de qualité, diversifiés et connectés entre eux. On utilisera donc quatre indicateurs pour faire l'évaluation :

- le taux d'IAE/UAE,
- la qualité des habitats,
- la diversité des IAE/UAE,
- la connectivité entre les IAE/UAE.

Premier indicateur : le taux d'IAE/UAE

Ce taux indique l'importance de la surface occupée par des habitats naturels ou semi-naturels faisant partie du « paysage » d'une exploitation agricole, il s'agit d'un indicateur de quantité.

Plus le taux est élevé, plus l'exploitation sera favorable pour les habitats et la circulation de nombreuses espèces animales. Il est généralement considéré qu'un taux à atteindre correct est de 5% à 15% mais le mieux serait d'atteindre 15 à 25% avec au moins 5% dédié aux haies.

EXEMPLE DE CALCUL DU TAUX D'IAE/UAE⁶⁷ : EXPLOITATION VITICOLE

Surface totale en IAE/UAE : 4 ha

- Haies : 3000 m x 3m = 0,9 ha
- Bandes enherbées : 1500 m x 3m = 0,45 ha
- Fosses : 500 m x 3m = 0,15 ha
- Friches : 0,5 ha + 1,5 ha = 2 ha
- Bosquet = 0,5 ha

Surface en vigne : 21 ha

SAU = 25 ha = > Taux de IAE/UAE = 16 %

67 Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon | SupAgro Florac, DIAGNOSTIC DE BIODIVERSITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES EN LANGUEDOC-ROUSSILON - MANUEL ADAPTÉ DANS LE CADRE DU PROJET ECODIAG LEONARDO DA VINCI TRANSFERT D'INNOVATION WORK PACKAGE N°3.

Pour le calcul des surfaces des différentes IAE/UAE, en Europe, dans le cadre de la conditionnalité des aides PAC (Politique Agricole Commune), tous les agriculteurs doivent détenir un pourcentage de ces «particularités topographiques» sur leur exploitation. À chacune de ces particularités est attribuée une valeur de «Surface Equivalente Topographique» (SET). Un coefficient multiplicateur est attribué à chaque particularité topographique pour le calcul de la SET. Cette pondération est susceptible d'évoluer avec la réglementation européenne.

Dans le cadre de ce manuel, vu qu'aucune pondération n'est disponible pour les milieux tropicaux, seront utilisées les surfaces réelles occupées par les IAE/UAE.

Pour les IAE/UAE surfaciques le calcul de la surface occupée est généralement simple. Pour les IAE ponctuels comme les grands arbres on peut considérer que les surfaces développées par arbre sont de l'ordre de 50 à 100m² en fonction de la taille des arbres. Pour les IAE/UAE linéaires (haies, rangées d'arbres, bords de chemins, fossés, cours d'eau, etc.) on calculera la surface occupée en multipliant la longueur par la largeur moyenne occupée.

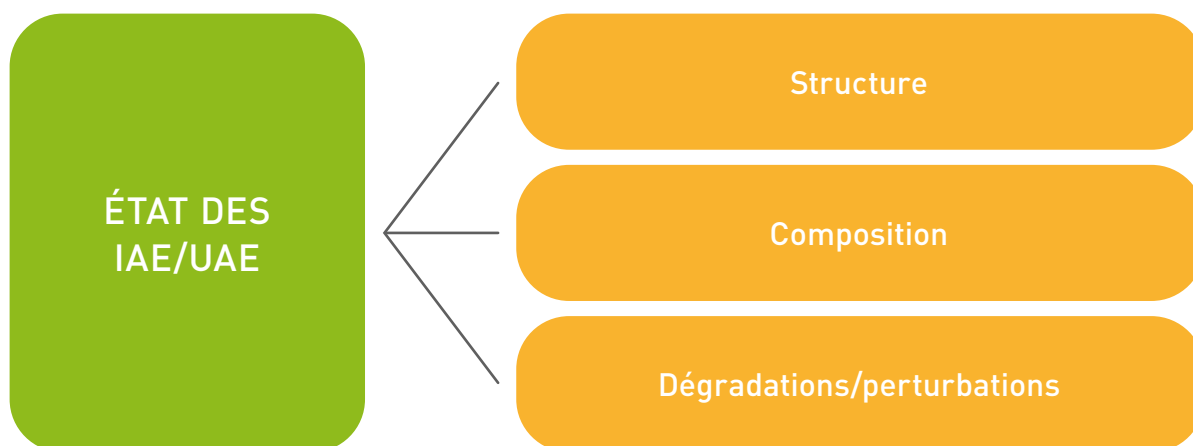
| Niveau du taux d'IAE/UAE | Seuil en taux d'IAE/UAE |
|--------------------------|-------------------------|
| Mauvais | < 5 % |
| Moyen | Compris entre 5 et 15 % |
| Bon | > 15 % |

Deuxième indicateur : la qualité (appelée également état de conservation) des habitats.

Il s'agit d'un indicateur composite (ou synthétique) car il est construit sur des indicateurs d'état de la végétation constituant les habitats naturels et semi-naturels. Il faut donc d'abord évaluer la qualité de ces IAE/UAE individuellement.

Qualifier l'état d'une IAE/UAE consiste à estimer sa qualité du point de vue de la biodiversité. Cette qualité est estimée en référence à sa capacité à offrir un milieu de vie favorable au plus grand nombre d'espèces qui peuvent contribuer largement à la biodiversité fonctionnelle. Le terme «état de conservation» désigne cette qualité.

Elle est évaluée sur la base de plusieurs indicateurs définis pour chaque type d'IAE/UAE. Les indicateurs appartiennent à trois catégories de critères comme suit.



Les indicateurs choisis dans chacune de ces trois catégories mesurent des états de végétation résultant de l'effet des pratiques (pressions). Ces indicateurs traduisent le résultat de pressions « positives » ou « négatives ». Ils sont faciles à évaluer, mesurables, répétables dans le temps et permettent ainsi de suivre l'état des IAE/UAE dans le temps.

a. La structure

C'est l'ensemble des types de végétation qui font partie d'un IAE/UAE. La différenciation entre types se fait le plus souvent par des critères de taille, d'âges, de densité, mais aussi entre ligneux et herbacés. Par exemple pour les haies, qui sont les IAE les plus fréquents et importants, on parlera de stratification. Une haie est composée de plusieurs étages de végétation, dit strates.

Les strates sont définies suivant leur hauteur et leur composition⁶⁸. On distingue :



une strate arborée :
constituée d'arbres de hauts jets d'une hauteur supérieure à 3m ;

une strate arbustive haute :
végétation ligneuse supérieure à 1,5 mètre et jusqu'à 3 mètres ;

une strate arbustive basse :
végétation ligneuse inférieure à 1,5 mètre ;

une strate herbacée :
végétation non ligneuse constituant l'ourlet du pied de haie. Il comprend la végétation au pied de la haie, n'excédant pas un mètre de haut de part et d'autre du pied de la haie ; prévoir un espace de 1,50 m à 2 m de chaque côté de la haie.

Figure 18 : Exemples de niveau de stratification de haies

Source : Retour d'expérience - Méthode d'identification des haies contribuant aux continuités écologiques forestières. Parc naturel régional Normandie-Maine. 2014

68 Méthode d'identification des haies contribuant aux continuités écologiques des forêts et bocages - Parution juin 2014 Conception-réalisation Parc naturel régional Normandie-Maine - Rédaction Gabriel Soulard / Mélanie Massias / Pauline Gautier.

STRATIFICATION OPTIMUM DE LA HAIE

NOTE
9/9

Majorité d'arbre de haut jet (supérieure à 8 m de haut) et strate arbustive haute (supérieure à 1,5 m de haut) et strate arbustive basse = structure optimum = note de 9

STRATIFICATION MOYENNE DE LA HAIE
OU PRÉSENTANT UN INTÉRÊT DANS QUELQUES ANNÉESNOTE
3/9

Présence de deux strates ligneuses ou haie récemment regarnie ou planté = structure moyenne = note de 3

HAIE FORTEMENT DÉGAGÉE

NOTE
1/9

Absence de strates ligneuses sur plus de 50 % du linéaire = haie fortement dégagée = note de 1

b. La composition

Il s'agit de la diversité alpha de l'IAE/UAE c'est-à-dire le nombre d'espèces différentes présentes au sein d'un IAE/UAE.

Pour les haies, une étude a montré qu'une diversité de 6 espèces d'arbres, arbustes ou buissons (les lianes sont également prises en compte) sur un linéaire de 100 m de haie a la plus haute richesse spécifique en oiseaux (Hinsley et Bellamy, 2000). Par contre le nombre d'essences dans une haie de verger ne devrait pas être supérieur à 15 car au-delà le gain écologique ne serait plus significatif. En effet si ce nombre d'essence est dépassé, les populations de phytophages seraient alors favorisées (Debras *et al.*, 2003). D'après les fiches techniques Agriculture et environnement du CREN Languedoc-Roussillon (Conservatoire Régional des Espaces Naturels), une plantation de 6 à 10 espèces permet d'acquérir rapidement les caractéristiques d'une haie naturelle.⁶⁹

⁶⁹ Mise au point d'un indicateur d'évaluation de la biodiversité des vergers agrumicoles de Guadeloupe - Rapport de stage de fin d'études de la formation Master 2 gestion de la biodiversité Soutenu en septembre 2009 à Toulouse Par Maxime Pfohl - Encadré par Fabrice Le Bellec, Agronome Station du CIRAD, Vieux-Habitants.

c. Les dégradations/perturbations

Pour que les préconisations proposées soient pertinentes vis-à-vis des pratiques de l'exploitant et du système d'exploitation, mais également pour mieux identifier les causes (les pressions) qui ont pu amener une IAE/UAE à se dégrader, il est nécessaire d'inventorier les pratiques concernant chacune des IAE/UAE de l'exploitation.

L'objectif de cet inventaire n'est pas de connaître les pratiques de manière totalement exhaustive ni de manière très fouillée, mais de posséder un minimum d'informations pour faire le lien entre qualité de l'IAE/UAE et pratiques. Par exemple pour bénéficier pleinement des avantages apportés par les infrastructures agroécologiques, celles-ci doivent ne jamais subir de traitements chimiques directs ou indirects (dérive des pulvérisations); aucun traitement chimique ne doit avoir lieu dans les IAE/UAE et une zone tampon suffisamment étendue devrait toujours se trouver entre l'IAE/UA et les zones cultivées traitées.

Cet inventaire permettra également de définir les objectifs que l'exploitant se donnera sur ces IAE/UAE : entretien, aménagement, destruction, restauration...

Ici l'analyse se limite aux pratiques dans l'exploitation contrôlables par l'exploitant. Cependant d'autres causes peuvent changer ou avoir changé la qualité des IAE/UAE. Ces causes pourraient être extrinsèques à l'exploitation (ex. baisse de la disponibilité d'eau du sol due aux pratiques des voisins en amont ou au changement climatique notamment dans les oasis, aux aménagements des infrastructures routières ou construction des bâtiments etc.). Sans pour autant en faire une analyse détaillée, il faudra lors de l'évaluation noter ces éventuelles informations sous forme d'observations.

d. Modalité d'évaluation de la qualité des IAE/UAE

Il n'existe pas de références pour évaluer l'état des IAE/UAE en milieu tropical. À défaut on peut s'inspirer de l'existant développé pour des cultures en Europe. En annexe 10 se trouvent des tableaux d'aide à l'évaluation de l'état de conservation de quelques IAE/UAE (haies, alignement d'arbres, bosquets, fossés, mares, bandes enherbées...).

Pour le cas particulier des exploitations comportant une forêt naturelle sur sa surface est proposée aussi en annexe 10 une méthode d'évaluation de la qualité de cette forêt.

Troisième indicateur : la diversité des IAE/UAE

La diversité en types d'IAE/UAE est la diversité beta des IAE/UAE.

Les milieux riches en biodiversité susceptibles d'être présents sur l'exploitation sont comptabilisés pour le seul fait de leur présence et non pour les pratiques agricoles qui y sont mises en œuvre. La présence de nombreux milieux différents est en effet une condition importante de la diversité des ressources et des habitats.

Le niveau de diversité est évalué par le nombre de milieux différents non cultivés présents sur l'exploitation. Les milieux pouvant être pris en compte sont les suivants :

- Praires naturelles permanentes.
- Prairies temporaires.
- Parcours/pelouses sèches.
- Eaux dormantes (mares, étangs, marigots...).
- Eaux courantes (ruisseaux, rivières, Oued...).
- Marais/tourbières/zones inondables.
- Arbres isolés en milieu cultivés.
- Haies.
- Bosquets.
- Forêts.
- Milieux herbacés non productifs (jachères, bandes enherbées, bordures de parcelles).
- Friches de longue durée.
- Autres milieux (falaises, éboulis, grottes, carrières, ruines, etc.).

Sur la base du nombre de type d'IAE/UAE présents de façon suffisamment importante sur l'exploitation on pourra déterminer le niveau de diversité en IAE/UAE.

| Niveau de diversité en IAE/UAE | Nombre de type d'IAE/UAE sur l'exploitation |
|--------------------------------|---|
| Mauvaise | Compris entre 0 et 3 |
| Moyenne | Compris entre 4 et 6 |
| Bonne | Supérieur à 6 |

Quatrième indicateur : la connectivité entre les IAE/UAE

C'est la qualité de l'interconnexion et du maillage du milieu qui est le facteur principal de son efficacité. Parce que la densité des interactions écologiques engendrées par l'entomofaune auxiliaire (insectivores, pollinisateurs...), est davantage dépendante de la dimension des écotones (frontières entre deux milieux), que de la surface totale des milieux naturels, il vaut mieux 3 hectares de haies réparties sur toute l'exploitation, que des îlot-bosquets de 3 hectares, globalement déconnecté de l'agroécosystème⁷⁰.

Les éléments linéaires tels que haies, bords de chemins, fossés, cours d'eau... sont considérés comme des «couloirs» de circulation favorisant le déplacement de la faune et de la flore entre les différents milieux naturels (haies, bois, mares, prairies...). Ces corridors jouent un rôle important dans la recherche de nourriture ou d'abris mais aussi dans la reproduction et la survie des populations notamment pour les espèces à faible mobilité comme les grenouilles, les insectes... Pour qu'ils jouent pleinement leurs rôles, ces corridors doivent être connectés entre eux et former un réseau cohérent avec les éléments naturels et paysagers. Le dessin ci-dessous illustre bien la notion de corridor écologique.



70 Lionel Vilain, La méthode IDEA, indicateur A8.

LE CONCEPT DE CORRIDOR ÉCOLOGIQUE

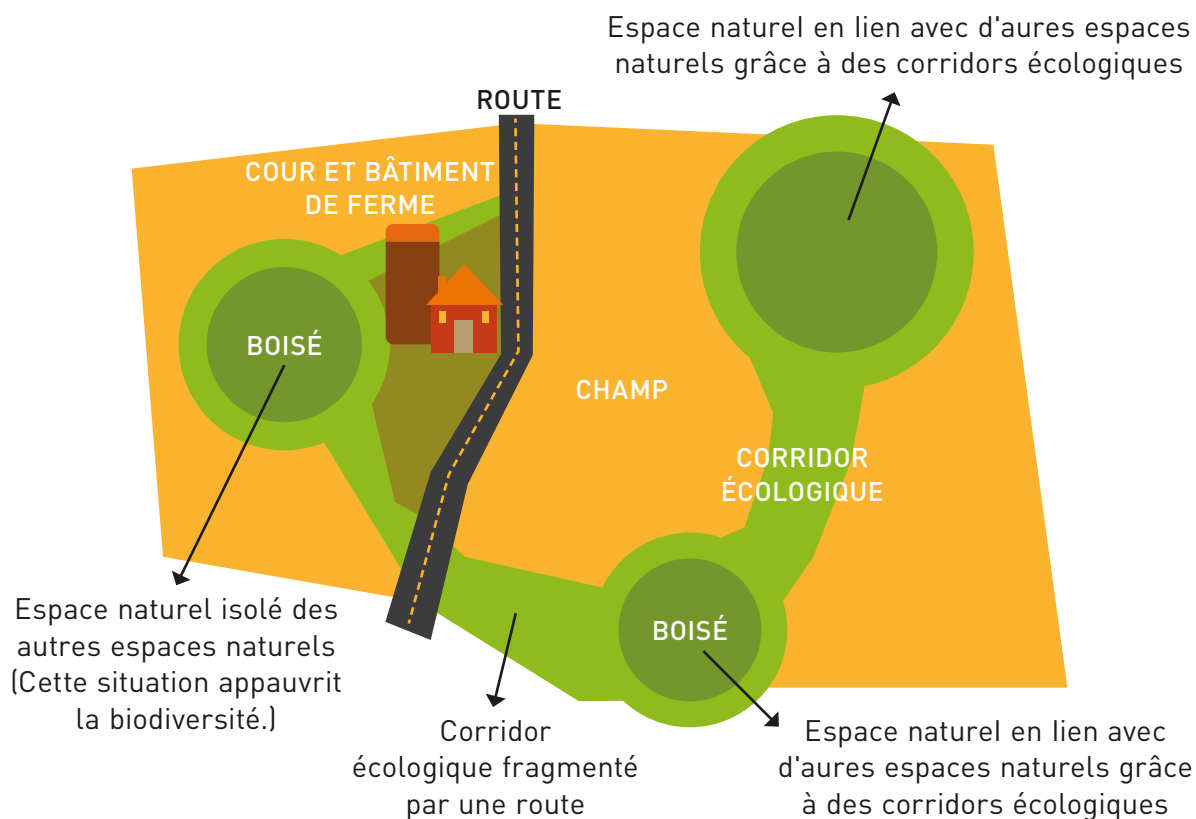


Figure 19: Le concept de corridor écologique

Source : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/jeunesse/chronique/2008/0803-corridors-definition.htm>

Il n'est pas possible de chiffrer le niveau de connectivité cependant on peut par exemple classer la connectivité comme étant bonne, moyenne ou mauvaise sur base de la distance qui sépare les IAE/UAE de type arborée (à l'exception des espaces arborés tels que les vergers) entre elles dans une exploitation. Pour les grandes cultures certains auteurs considèrent que la distance doit être d'au maximum 150 mètres. Nous pensons que l'on peut retenir cette distance pour les espaces cultivés en cultures pérennes (vergers). Par contre pour les cultures maraîchères nous pensons qu'une distance maximale de 50 mètres peut être considérée.

Nous proposons donc pour les cultures fruitières « pérennes » les classes suivantes

| Connectivité | Bonne | Moyenne | Mauvaise |
|---|----------------|-------------|---------------|
| Distance entre espaces arborés naturels ou semi-naturels (haies, alignements d'arbres, arbres isolés, bosquets, forêts) | Moins de 100 m | 100 à 200 m | Plus de 200 m |

Par contre pour les espèces maraîchères nous proposons les classes suivantes

| Connectivité | Bonne | Moyenne | Mauvaise |
|---|---------------|----------|---------------|
| Distance entre espaces arborés naturels ou semi-naturels (haies, alignements d'arbres, arbres isolés, bosquets, forêts) | Moins de 50 m | 50-100 m | Plus de 100 m |

Dans le cas de l'exploitation au Sénégal de l'annexe 3 la connectivité est moyenne car il y a une portion importante du pourtour qui est sans haie et il y a plusieurs espaces arborés qui sont trop loin d'autres espaces arborés (plus de 50 m).



Figure 20: Exemple de préconisations d'implantation de haies (en bleu) permettant de connecter les éléments existants (en rouge) (haies, boisements) entre eux et améliorer le réseau de corridors écologiques

Source : <http://www.farre.org/fileadmin/medias/pdf/Fiche02.pdf>

Agrégation des 4 indicateurs des IAE/UAE

L'agrégation, à l'aide du tableau ci-dessous, des 4 grands indicateurs des IAE/UAE, taux, qualité, diversité et connectivité doit permettre d'avoir une bonne idée de la valeur globale des IAE/UAE de l'exploitation.

Est proposé ci-dessous un mode de calcul en donnant une cotation de 1 à 3 pour chaque indicateur comme suit.

| Taux | Qualité | Diversité | Connectivité | Cotation à donner à chaque indicateur |
|---------|-------------|-----------|--------------|---------------------------------------|
| mauvais | défavorable | mauvaise | mauvaise | 1 |
| moyen | moyenne | moyenne | moyenne | 2 |
| bon | bonne | bonne | bonne | 3 |

La somme des cotations des 4 indicateurs donnera la valeur globale des IAE/UAE dans l'exploitation.

| Somme de la cotation des 4 indicateurs | Valeur globale des IAE/UE |
|--|---------------------------|
| 4 à 5 | problématique |
| 7 à 8 | médiocre |
| 9 à 10 | acceptable |
| 11 à 12 | favorable |

2.4.3.4. Étape 4: Évaluation de l'impact des pratiques sur les espaces situés dans le compartiment « autour de l'exploitation » et vice-versa

À l'étape 1 de la méthodologie proposée, les espaces de ce compartiment ont été identifiés. En fonction de la nature et des caractéristiques de ces espaces on vérifiera si les aménagements et les pratiques de l'exploitation permettent de réduire au maximum les perturbations sur ces espaces. Les deux principes principaux à retenir sont que ces espaces doivent être suffisamment isolés des espaces cultivés de l'exploitation par des zones tampons adéquates et que les espaces boisés entourant l'exploitation ne soient pas trop isolés l'un de l'autre par les aménagements de l'exploitation (principe de connectivité par des couloirs). Les zones tampons sont le plus souvent des bandes enherbées suffisamment larges (au moins 5 m en bordure de zones humides) et bien structurées (pas de sol nu, pas trop de buissons...) ou des haies brise-vent suffisamment bien structurées (comportant 3 strates) et hautes (plus de 3 m). On s'aidera des indications figurant en annexe 10.

Prenons par exemple le cas d'une exploitation ayant créé des zones tampons adéquates pour les espaces suivants se trouvant autour : deux forêts naturelles, une rivière, un parcours et des champs de cultures pluviales.

- Les deux forêts naturelles sont protégées des parcelles cultivées par une bande enherbée de 5 m et une haie brise-vent constituée de 3 strates et atteignant 4 m de haut. L'exploitation ne constitue pas une rupture de connectivité entre les deux forêts car celle-ci sont connectées par d'autres éléments naturels à l'extérieur de l'exploitation.
- La rivière est isolée des espaces cultivés par une bande enherbée de 10 m et composée uniquement d'espèces vivaces.
- Le parcours est isolé par une haie brise-vent constituée de 3 strates et atteignant 4 m de haut qui permet d'éviter les effets nocifs éventuels des pratiques dans les espaces cultivés (par ex. pulvérisations phytosanitaires).
- Les cultures entourant l'exploitation sont également isolées des cultures de l'exploitation par une même haie brise-vent pour éviter notamment les dérives des pulvérisations phytosanitaires aussi bien dans un sens que dans l'autre.

2.4.3.5. Étape 5: Rédaction du rapport

Le rapport de l'évaluation servira en premier lieu pour un usage interne pour décider par après des mesures à prendre pour améliorer la biodiversité dans l'exploitation (voir cas pratique).

L'interprétation doit se faire par rapport au contexte territorial. C'est-à-dire qu'il y a lieu de comparer aux autres exploitations aux alentours ou ayant les mêmes conditions agro-écologiques.

Il pourra également servir également de document de base pour montrer, aux acheteurs des productions, les efforts entrepris pour préserver et promouvoir la biodiversité dans l'exploitation.

Le rapport pourrait être structuré en suivant les principaux points à retenir rappelés ci-après

Caractérisation de l'exploitation par artographie des espaces dans et hors de l'exploitation et description de l'état d'évolution de la biodiversité

- *Action préalable essentielle à l'évaluation proprement dite*
- *Photo aérienne*
- *Plan et mesure des espaces*
- *Photographie des espaces*
- *Identification des espèces et écosystèmes patrimoniaux*
- *Questionnaire à l'exploitant*

Biodiversité domestique des espaces cultivés

- *Diversité des productions : diversité spécifique végétale + diversité génétique végétale + préservation d'espèces ou variétés patrimoniales*
- *Mixité du système de production*

Biodiversité sauvage para-agricole dans les espaces cultivés

- *Ennemis des ravageurs des cultures*
- *Organismes utiles du sol*

Pratiques dans les espaces cultivés

- *Itinéraires techniques : utilisation des produits phytosanitaires + mécanisation + gestion de l'azote*
- *Structure des cultures pérennes : enherbement + architecture*

Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés

- *Diversité de l'assolement*
- *Effet mosaïque*
- *Mixité intra-parcellaire*
- *Continuité temporelle des couverts végétaux*
- *Rotations*

Taux d'IAE/UAE

- *Calcul des surfaces occupées par les différents IAE/UAE*
- *Taux défini par rapport à la SAU*

Qualité des habitats des IAE/UAE

- *Structure*
- *Composition*
- *Dégradations/perturbations*
- *Évaluation par IAE/UAE sur base de références*

Diversité des IAE/UAE

- *Nombre des types de milieux non cultivés présents*

Connectivité entre les IAE/UAE

- *Distance entre espaces arborés naturels ou semi-naturels*

Impact des pratiques de l'exploitation sur les espaces à proximité de celle-ci

- *Évaluation des mesures préventives prises pour éviter les perturbations possibles*

2.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Avant de se lancer dans une démarche en faveur de la biodiversité, l'exploitant(e) devrait se poser plusieurs questions dont les fondamentales suivantes :

- Quels sont les avantages que je pourrai tirer d'une agriculture respectueuse de la biodiversité ?
- Est-ce que je dispose du savoir-faire nécessaire pour planifier moi-même des mesures de promotion de la biodiversité ? Suis-je en mesure de me procurer seul(e) les éventuelles informations manquantes ?
- Ai-je assez de temps et suis-je suffisamment motivé(e) pour planifier moi-même des mesures efficaces et en évaluer les conséquences sur le plan économique ?
- Qui peut m'accompagner dans ce processus et combien coûte un conseil ?

De plus, dans le cas de l'établissement d'une nouvelle exploitation, on peut se poser plus spécifiquement les questions suivantes dès le départ :

- Quelles espèces et variétés animales et végétales choisir pour permettre non seulement une production rentable et durable de qualité mais aussi contribuant à la variabilité des espèces ?
- Quels sont les IAE/UAE existantes et les surfaces disponibles pour en créer de nouvelles ? Quelle sont les possibilités de créer des interconnexions entre ces IAE/UAE ?
- Quelles sont les opportunités de contribuer à la gestion d'aires naturelles et d'en récolter leurs produits ?

Les références utilisées dans ce manuel sont le plus souvent issues d'expériences en Europe. Comme mentionné auparavant la méthodologie proposée ici devra être adaptée au fur et à mesure aux contextes et connaissances locaux et surtout sur base de tests de la méthodologie dans différents cas de figure. Les milieux universitaires et de la recherche pourraient apporter une aide précieuse pour développer et tester des méthodes et critères d'évaluation en concertation avec les agriculteurs, les services de vulgarisation, les ONGs et d'autres acteurs concernés.

Il est conseillé que les agriculteurs d'une zone de production donnée se mettent en réseau pour échanger des expériences (positives et négatives) et développer les connaissances sur la gestion de la biodiversité et les pratiques qui sont favorables (exemple en France <https://biodiversid.com/>). Dans ce cadre le renforcement des partenariats avec différents acteurs concernés est très important pour entreprendre des activités d'information, de formation, de démonstration et de mise en œuvre.

Il est nécessaire aussi de sensibiliser les différents agriculteurs à cette thématique de la conservation et promotion de la biodiversité dans les exploitations par des activités ludiques permettant des échanges collectifs (voir exemple d'un jeu développé en France à cet effet - <http://www.rmt-biodiversite-agriculture.fr/moodle/course/view.php?id=36>).

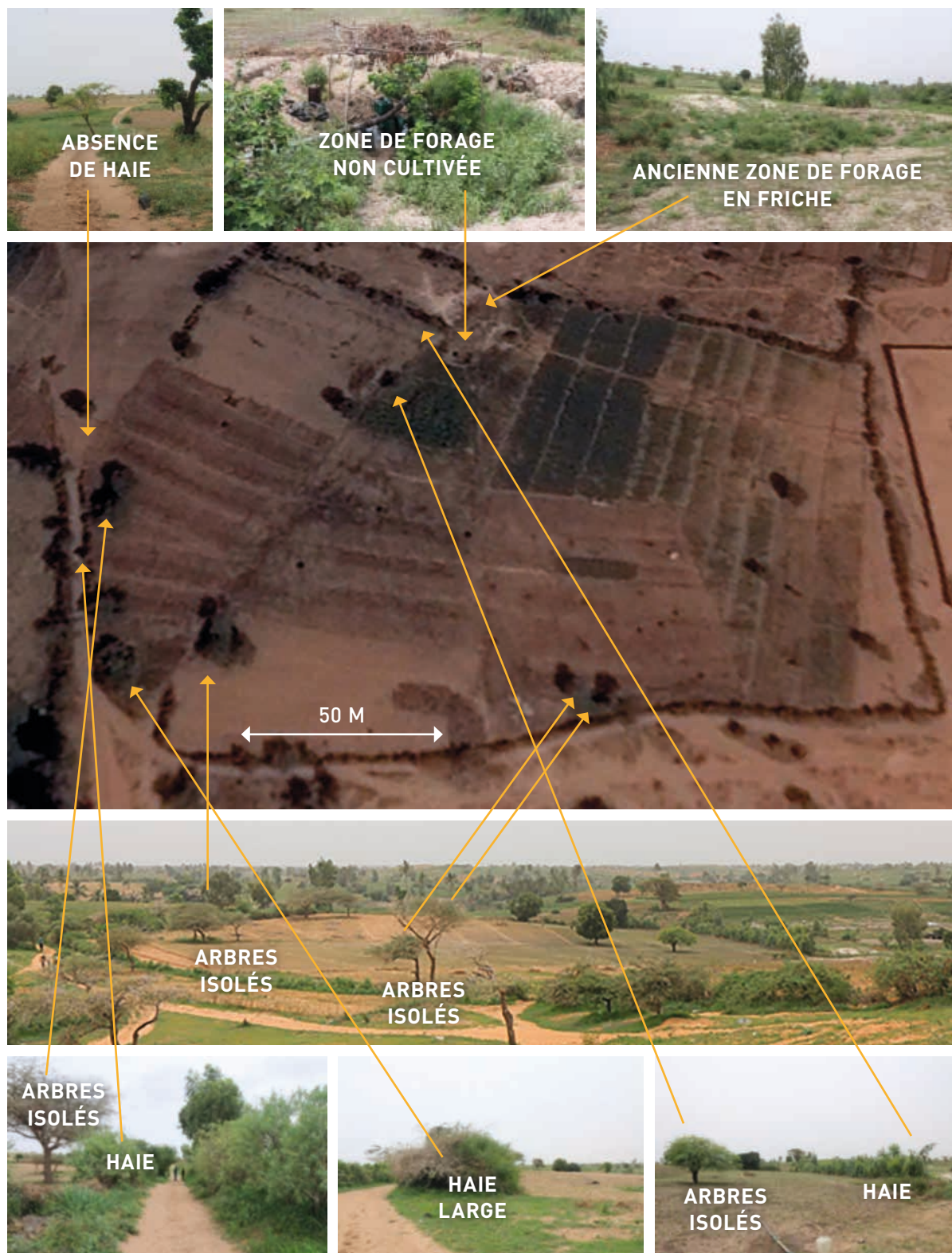
Les efforts des agriculteurs pour la biodiversité devraient être également récompensés d'une manière ou d'une autre (par exemple prix juste) pour stimuler les initiatives.

Les référentiels techniques utiles pour mener à bien cette évaluation en milieu tropical pour les cultures maraîchères et fruitières sont actuellement insuffisants. Ils sont pourtant indispensables pour monter au mieux un plan d'action et mener à bien la promotion de la biodiversité dans l'exploitation.

2.6. ANNEXES

ANNEXE 3 : EXEMPLE D'IDENTIFICATION PHOTOGRAPHIQUE D'IAE/UAE

Exemple d'identification photographique (photos par Gilles Delhove) d'IAE/UAE sur image Google Earth – Exploitation collective d'environ 4 ha à Diogo au Sénégal.



ANNEXE 4 : TABLE D'AGRÉGATION POUR L'ÉVALUATION DE LA DIVERSITÉ DES PRODUCTIONS D'UNE EXPLOITATION

| | Préservation d'espèces ou variétés patrimoniales | Diversité spécifique végétale | Diversité génétique végétale | Diversité des productions |
|----|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | non | très faible | très faible | très faible |
| 2 | non | très faible | faible | très faible |
| 3 | non | très faible | moyenne | très faible |
| 4 | non | très faible | forte | très faible |
| 5 | non | très faible | très forte | très faible |
| 6 | non | faible | très faible | très faible |
| 7 | non | faible | faible | très faible |
| 8 | non | faible | moyenne | faible |
| 9 | non | faible | forte | faible |
| 10 | non | faible | très forte | faible |
| 11 | non | moyenne | très faible | faible |
| 12 | non | moyenne | faible | faible |
| 13 | non | moyenne | moyenne | moyenne |
| 14 | non | moyenne | forte | moyenne |
| 15 | non | moyenne | très forte | moyenne |
| 16 | non | forte | très faible | moyenne |
| 17 | non | forte | faible | moyenne |
| 18 | non | forte | moyenne | forte |
| 19 | non | forte | forte | forte |
| 20 | non | forte | très forte | forte |
| 21 | non | très forte | très faible | forte |
| 22 | non | très forte | faible | forte |
| 23 | non | très forte | moyenne | très forte |
| 24 | non | très forte | forte | très forte |
| 25 | non | très forte | très forte | très forte |
| 26 | oui | très faible | très faible | très faible |
| 27 | oui | très faible | faible | très faible |
| 28 | oui | très faible | moyenne | très faible |
| 29 | oui | très faible | forte | très faible |
| 30 | oui | très faible | très forte | faible |
| 31 | oui | faible | très faible | très faible |
| 32 | oui | faible | faible | faible |
| 33 | oui | faible | moyenne | faible |
| 34 | oui | faible | forte | faible |
| 35 | oui | faible | très forte | moyenne |
| 36 | oui | moyenne | très faible | faible |
| 37 | oui | moyenne | faible | moyenne |
| 38 | oui | moyenne | moyenne | moyenne |
| 39 | oui | moyenne | forte | moyenne |
| 40 | oui | moyenne | très forte | forte |
| 41 | oui | forte | très faible | moyenne |
| 42 | oui | forte | faible | forte |
| 43 | oui | forte | moyenne | forte |
| 44 | oui | forte | forte | forte |
| 45 | oui | forte | très forte | très forte |
| 46 | oui | très forte | très faible | forte |
| 48 | oui | très forte | moyenne | très forte |
| 49 | oui | très forte | forte | très forte |
| 50 | oui | très forte | très forte | très forte |

ANNEXE 5 : DEUX EXEMPLES D'ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ DOMESTIQUE, CAS DES CULTURES ANNUELLES ET CAS DES CULTURES PÉRENNES

Cas des cultures pérennes

L'évaluation peut se faire une fois par an ou moins si aucun changement important n'a eu lieu dans l'exploitation.

Le tableau ci-après donne un exemple de synthèse de l'occupation pour une exploitation ayant 5 hectares de cultures fruitières.

| Espèce | Variété | Surface en hectare* |
|-----------|----------------|---------------------|
| Mangue | Kent | 2 |
| Mangue | Ruby | 0,25 |
| Mangue | Amélie | 0,25 |
| Mangue | Keitt | 0,5 |
| Papaye | Solo 8 | 0,5 |
| Papaye | Sunrise | 0,5 |
| Banane | Cavendish | 0,25 |
| Citronier | Lime de Tahiti | 0,25 |
| Goyavier | Red Indian | 0,25 |
| Jujubier | Gola | 0,25 |
| 6 espèces | 10 variétés | 5 hectares |

* S'il existe des cultures associées la surface réelle occupée par chaque culture devra être calculée ou estimée

Ici le niveau de diversité pourra être considéré comme moyen pour les espèces (6 espèces) et très faible pour les variétés (en moyenne 10 variétés /6 espèces = 1,7 variété par espèce).

Il n'y a pas de variété locale cultivée sur l'exploitation.

En fonction des critères présentés précédemment dans le document on peut conclure par agrégation que cette exploitation à un niveau de diversité des productions faible.

| Préservation d'espèces ou variétés patrimoniales | Diversité spécifique végétale | Diversité génétique végétale | Diversité des productions |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| non | moyenne | très faible | faible |

Il n'y a pas d'élevage sur l'exploitation ; on considère donc qu'il n'y a pas mixité des productions.

La biodiversité domestique sera considérée globalement comme étant faible d'après les critères énoncés auparavant.

| Mixité du système de production | Diversité des productions | Biodiversité domestique |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| non | faible | faible |

Cas des cultures annuelles

La diversité des productions végétales sur une année complète peut être synthétisée dans un tableau comme suit.

Ci-après est donné un exemple de remplissage pour une exploitation ayant 10 hectares de maraîchage.

| Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | | Totaux |
|------------------|----------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Tomate | Roma | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Tomate | Xina | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Tomate | Mongal F1 | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Tomate | Calinago | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Gombo | Clemson | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 |
| Chou | KK Cross | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Chou | Marché de Copenhague | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Oignon | Violet de Galmi | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Maïs | Locale | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | 10 |
| Concombre | Poinsett | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | 7,5 |
| Jachère cultivée | Légumineuse locale | | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 10 |
| Totaux | | | | | | | | | | | | | | |
| Hectare | Surface | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7,5 | |
| Nombre | Espèces | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 35 |
| Nombre | Variétés | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 43 |

Le nombre total d'espèces cultivées sur une année est égal à 7 mais en moyenne il n'y a que 2,9 (35 espèces en total sur l'année /12 mois) espèces se trouvant en même temps sur l'exploitation. La diversité des espèces est donc très faible.

Le nombre total de variétés sur une année est de 11. Mais la moyenne n'est que de 1,6 (11 variétés /7 espèces) par espèce. La diversité variétale est donc très faible.

Il y a deux variétés locales cultivées sur l'exploitation. Le taux d'occupation global par ces variétés locales sur la surface cultivée pour une année est assez faible (17 % = 20 ha de superficie totale occupée par les espèces locales sur l'année / 117,5 ha occupé sur une année *100) ; mais l'exploitation peut quand même être considérée comme favorisant le maintien du patrimoine local.

En fonction des critères présentés précédemment dans le document, on peut conclure que cette exploitation a un niveau de diversité des productions végétales très faible.

| Préservation d'espèces ou variétés patrimoniales | Diversité spécifique végétale | Diversité génétique végétale | Diversité des productions |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| oui | très faible | très faible | très faible |

Un élevage de poulets est pratiqué sur l'exploitation, on considère donc qu'il y a mixité des productions.

La biodiversité domestique sera considérée globalement comme étant faible d'après les critères énoncés auparavant.

| Mixité du système de production | Diversité des productions | Biodiversité domestique |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| oui | très faible | faible |

ANNEXE 6 : MÉTHODES D'OBSERVATION POUR LES AUXILIAIRES VOLANTS



Le battage ou frappage des rameaux

- Adapté surtout aux plantes ligneuses.
- Nombre d'organes à observer : 25 à 100 rameaux par unité d'étude (voir précédemment la remarque sur l'unité d'étude).
- Fréquence des observations : Hebdomadaire en général en période de développement du ravageur ciblé par les auxiliaires.
- Plus particulièrement adapté à l'observation de : araignées ; chrysopes et hémiptères (larves et adultes) ; coccinelles (adultes et larves) ; forficules (adultes) hétéroptères prédateurs (adultes et larves).
- Matériel : une batte et un plateau (ou une toile montée).



Observation directe sur le végétal Adapté surtout aux plantes ligneuses.

- Même méthode que celle utilisée sur différentes cultures pour estimer les risques liés aux ravageurs ou aux maladies.
- Nombre d'organes à observer : 25 à 100 feuilles, fleurs, fruits, plantes ou rameaux par unité d'étude (zone où les observations sont réparties de manière homogène. Ceci peut correspondre à une petite parcelle ou à une partie représentative d'une plus grande parcelle homogène (dans le cas où la zone étudiée est hétérogène, il faudra alors définir plusieurs unités d'étude).
- Fréquence des observations : variable selon la dynamique des populations des ravageurs ciblés par les auxiliaires.
- Plus particulièrement adapté à l'observation de : acariens phytoséiides. (formes mobiles et œufs) ; chrysopes et hémiptères (œufs, larves et cocons) ; coccinelles (œufs, nymphes, adultes et larves) ; hétéroptères prédateurs (œufs, larves et adultes) ; momies de ravageurs mycosés ou parasités ; syrphes (œufs, larves et nymphes).
- Une loupe de grossissement 8x ou 10x peut être utile.



Le piège jaune en cuvette ou piège Møericke

- On le fabrique à l'aide d'une assiette de couleur jaune remplie d'eau avec une goutte de détergent.
- Ce piège est utilisé pour détecter l'arrivée de certains ravageurs comme les charançons, mais certains auxiliaires sont captés par ce piège, principalement les syrphes. Le piège est installé à hauteur de la culture. Le relevé consiste, comme pour tout piège destructif, à vider le piège et à transférer son contenu dans un pot pour stocker l'échantillon en attendant de réaliser l'identification. Les cuvettes doivent être régulièrement contrôlées (3 jours).

ANNEXE 7 : EXEMPLES DE MODALITÉS POUR ÉVALUER L'IMPORTANCE DE LA PRÉSENCE D'AUXILIAIRES SUR LES CULTURES POUR QUELQUES RAVAGEURS

Sur base de la source suivante : Guide d'observation et de suivi des organismes nuisibles et auxiliaires de lutte biologique du Ministère de l'Agriculture en France - Juillet 2012, ci-après sont données des indications pour évaluer, par observation visuelle sur les plantes, l'importance de la présence d'auxiliaires pour quelques ravageurs les plus fréquents en cultures maraîchères et fruitières. L'évaluation visuelle des auxiliaires sur les plantes se fait généralement quand les populations du ravageur sont assez importantes (ex. colonies de pucerons). Il faut donc au préalable déterminer à quel moment pourront être réalisées ces observations. Ceci ne peut être déterminé que par l'observation régulière de l'état phytosanitaire d'une culture qui permettra d'identifier les premiers foyers d'infestation importants.

Dès que les premiers foyers importants sont détectés, pour identifier éventuellement d'autres foyers dans la parcelle, parcourir l'ensemble de la parcelle en recherchant d'autres foyers ou en procédant à une observation aléatoire. Dès qu'au moins 10 emplacements de foyers importants sont détectés sur la parcelle, procéder à l'identification matérielle de ces foyers à l'aide de piquets, ou autres repères, numérotés.

Ces emplacements identifiés permettent d'effectuer un suivi des foyers et de mesurer l'efficacité des traitements, ainsi que l'importance et l'impact de la faune auxiliaire. Les organes des plantes seront observés attentivement quand à la présence des auxiliaires. Les observations seront effectuées avant de réaliser quelque traitement que ce soit. Lorsque le foyer disparaît, le repère de l'emplacement doit être retiré.

1. Modalités pour les pucerons

- **Observations**
 - **Type d'observations :** visuelles
 - **Matériel spécifique nécessaire :** loupe compte-fils à grossissement 10 fois.



- **Objets à observer :** feuilles, jeunes pousses terminales, jeunes fruits selon les cultures.
 - **Nombre minimum d'objets à observer par emplacement :** 5 objets avec colonies/ emplacement (à observer sur plusieurs plantes de l'emplacement si nécessaire).
 - **Fréquence d'observation :** hebdomadaire, jusqu'à disparition des foyers de forte infestation.
 - **Critères d'évaluation**
 - **Critères d'évaluation du nuisible dans la phase d'identification des foyers :**
 - 0 = individus Isolés ailés ou aptères
 - 1 = présence d'aptère, petite(s) colonie(s)
 - 2 = colonie(s) importante(s) sans ailée, sans symptômes significatifs
 - 3 = colonie(s) importante(s) sans ailée, avec symptômes significatifs
 - 4 = colonie(s) ailées
- Ne seront considérées comme des foyers importants que les situations 2,3 et 4.

- Auxiliaires à prendre en considération dans la phase de suivi des 10 emplacements identifiés et système de cotation proposé :

| Auxiliaires | Critères d'évaluation / cotation par organe observé | Niveau de présence en fonction de la somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|---------------------------|---|--|--|
| Coccinelles | 0 = absence d'auxiliaire 1 = présence de quelques larves ou adultes 2 = beaucoup de larves ou d'adultes | 0 à 20 = très faible > 20 à 40 = très faible > 40 à 60 = moyenne > 60 à 80 = forte > 80 à 100 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Syrphes | 0 = absence d'auxiliaire 1 = seulement des adultes à proximité 2 = seulement des œufs 3 = seulement des larve(s) 4 = œufs et larve(s) | 0 à 40 = très faible > 40 à 80 = faible > 80 à 120 = moyenne > 120 à 160 = forte > 160 à 200 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Chrysopes | 0 = absence d'auxiliaire 1 = pontes sans larve 2 = larve(s) seule(s) 3 = larves et pontes | 0 à 30 = très faible > 30 à 60 = faible > 60 à 90 = moyenne > 90 à 120 = forte > 120 à 150 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Parasitoïdes hyménoptères | 0 = absence d'auxiliaire 1 = quelques momies 2 = nombreuses momies 3 = la plupart des individus momifiés | 0 à 30 = très faible > 30 à 60 = faible > 60 à 90 = moyenne > 90 à 120 = forte > 120 à 150 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| | | Niveau global de la somme des niveaux de présence des différents types auxiliaires | 0 à 4 = très faible > 4 à 8 = faible > 8 à 12 = moyenne > 12 à 16 = forte > 16 à 20 = très forte |

2. Modalités pour les tétranyques

- **Observations**
 - **Type d'observation** : visuelles à la loupe.
 - **Matériel spécifique nécessaire** : loupe compte-fils à grossissement 10 à 15 fois.
 - **Objet à observer** : Revers des feuilles.
 - **Nombre minimum d'objet à observer par emplacement** : 5 objets suffisamment attaqués/ emplacement (à observer sur plusieurs plantes de l'emplacement si nécessaire).
 - **Fréquence d'observation** : hebdomadaire, jusqu'à disparition des foyers de forte infestation.
 - **Critères d'évaluation**
 - **Critères d'évaluation du nuisible dans la phase d'identification des foyers** :
 - 0 = absence de forme vivante
 - 1 = présence de formes vivantes et/ou œufs sans symptômes significatifs
 - 2 = présence de quelques formes vivantes avec symptômes significatifs
 - 3 = présence de beaucoup formes vivantes avec symptômes significatifs et entoilement
- Ne seront considérées comme des foyers importants que les situations 2 et 3.

- Principaux auxiliaires à prendre en considération dans la phase de suivi des 10 emplacements identifiés et système de cotation proposé :

| Auxiliaires | Critères d'évaluation / cotation par organe observé | Niveau de présence en fonction de la somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|--|---|--|--|
| Phytoséiides | 0 = absence d'auxiliaire 1 = 1 phytoséiide 2 = plusieurs phytoséiides 3 = Phytoséiides avec pontes | 0 à 30 = très faible > 30 à 60 = faible > 60 à 90 = moyenne > 90 à 120 = forte > 120 à 150 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Coccinelles acariphages (<i>Stethorus</i> sp) | 0 = absence d'auxiliaire 1 = présence de quelques larves ou adultes 2 = présence de beaucoup de larves ou d'adultes | 0 à 20 = très faible > 20 à 40 = très faible > 40 à 60 = moyenne > 60 à 80 = forte > 80 à 100 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Thrips prédateurs (<i>Scolothrips</i> sp.) | 0 = absence d'auxiliaire 1 = présence de quelques larves ou adultes 2 = présence de beaucoup de larves ou d'adultes | 0 à 20 = très faible > 20 à 40 = très faible > 40 à 60 = moyenne > 60 à 80 = forte > 80 à 100 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| | | Niveau global de la somme des niveaux de présence des différents types auxiliaires | 0 à 3 = très faible > 3 à 6 = faible > 6 à 9 = moyenne > 9 à 12 = forte > 12 à 15 = très forte |

3. Modalités pour les mouches blanches

- **Observations**
 - **Type d'observation** : visuelle sous les feuilles.
 - **Matériel spécifique nécessaire** : loupe compte/fils à grossissement 10 fois.
 - **Objet à observer** : feuilles matures et juvéniles.
 - **Nombre minimum d'objet à observer par emplacement** : 5 objets suffisamment attachés/emplacement (à observer sur plusieurs plantes de l'emplacement si nécessaire).
 - **Fréquence d'observation** : hebdomadaire, jusqu'à disparition des foyers de forte infestation.
 - **Critères d'évaluation**
 - **Critères d'évaluation du nuisible dans la phase d'identification des foyers** :
 - 0 = absence de formes vivantes et/ou symptômes
 - 1 = majoritairement des adultes
 - 2 = tous stades sans fumagine et/ou argenture sur les feuilles
 - 3 = tous stades avec fumagine et/ou argenture sur les feuilles
- Ne seront considérées comme des foyers importants que les situations 2 et 3

- Principaux auxiliaires à prendre en considération dans la phase de suivi des 10 emplacements identifiés et système de cotation proposé :

| Auxiliaires | Critères d'évaluation / cotation par organe observé | Niveau de présence en fonction de la somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|---------------------------|---|--|--|
| Phytoséiides | 0 = absence d'auxiliaire | 0 à 30 = très faible | = 1 |
| | 1 = 1 phytoséiide | > 30 à 60 = faible | = 2 |
| | 2 = plusieurs phytoséiides | > 60 à 90 = moyenne | = 3 |
| | 3 = Phytoséiides avec pontes | > 90 à 120 = forte | = 4 |
| | | > 120 à 150 = très forte | = 5 |
| Parasitoïdes hyménoptères | 0 = absence d'auxiliaire | 0 à 30 = très faible | = 1 |
| | 1 = quelques momies | > 30 à 60 = faible | = 2 |
| | 2 = nombreuses momies | > 60 à 90 = moyenne | = 3 |
| | 3 = la plupart des individus momifiés | > 90 à 120 = forte | = 4 |
| | | > 120 à 150 = très forte | = 5 |
| | | Niveau global de la somme des niveaux de présence des différents types auxiliaires | 0 à 2 = très faible > 2 à 4 = faible > 4 à 6 = moyenne > 6 à 8 = forte > 8 à 10 = très forte |

4. Modalités pour les thrips

- **Observations**
 - **Type d'observation** : visuelle.
 - **Matériel spécifique nécessaire** : loupe compte-fils à grossissement 10 fois.
 - **Objet à observer** : feuilles, fleurs, jeunes fruits selon les cultures ; puis aussi plante entière pour les punaises auxiliaires.
 - **Nombre minimum d'objet à observer par emplacement** :
5 objets suffisamment attaqués/ emplacement
(à observer sur plusieurs plantes de l'emplacement si nécessaire).
 - **Fréquence d'observation** : hebdomadaire, jusqu'à disparition des foyers de forte infestation.
 - **Critères d'évaluation**
 - Critères d'évaluation du nuisible dans la phase d'identification des foyers :
 - 0 = absence
 - 1 = 1 individu sur objet observé
 - 2 = 2 à 3 individus sur objet observé
 - 3 = 4 - 7 individus sur objet observé
 - 4 = 8 - 15 individus sur objet observé
- Ne seront considérées comme des foyers importants que les situations 3 et 4.

- Principaux auxiliaires à prendre en considération dans la phase de suivi des 10 emplacements identifiés et système de cotation proposé :

| Auxiliaires | Critères d'évaluation / cotation par organe observé (ou plante observée pour les punaises) | Niveau de présence en fonction de la somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|--------------|--|--|--|
| Phytoséiides | 0 = absence d'auxiliaire 1 = 1 phytoséiide 2 = plusieurs phytoséiides 3 = Phytoséiides avec pontes | 0 à 30 = très faible > 30 à 60 = faible > 60 à 90 = moyenne > 90 à 120 = forte > 120 à 150 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| Punaises | 0 = absence d'auxiliaire 1 = 1 punaise par plante 2 = 2 à 3 punaises par plante 3 = plus de 3 punaises par plante | 0 à 30 = très faible > 30 à 60 = faible > 60 à 90 = moyenne > 90 à 120 = forte > 120 à 150 = très forte | = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 |
| | | Niveau global de la somme des niveaux de présence des différents types auxiliaires | 0 à 2 = très faible > 2 à 4 = faible > 4 à 6 = moyenne > 6 à 8 = forte > 8 à 10 = très forte |

5. Modalités pour les cochenilles farineuses

- **Observations**
 - **Type d'observation** : visuelle.
 - **Matériel spécifique nécessaire** : loupe compte-fils à grossissement 10 fois.
 - **Objet à observer** : plante entière : interstices, tiges, feuilles.
 - **Nombre minimum d'objet à observer par emplacement** : 5 plantes suffisamment attaqués/ emplacement.
 - **Fréquence d'observation** : hebdomadaire, jusqu'à disparition des foyers de forte infestation.
- **Critères d'évaluation**
- **Critères d'évaluation du nuisible dans la phase d'identification des foyers** :
 - 0 = absence
 - 1 = quelques individus éparses avec ou sans ponte(s) par plante
 - 2 = quelques colonies d'individus par plante
 - 3 = très nombreuses colonies et/ou dégâts significatifs par planteNe seront considérées comme des foyers importants que les situations 2 et 3

- Principaux auxiliaires à prendre en considération dans la phase de suivi des 10 emplacements identifiés et système de cotation proposé :

| Auxiliaires | Critères d'évaluation / cotation par organe observé | Niveau de présence en fonction de la somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|-------------------------|--|--|------------------------|
| Parasitoïde hyménoptère | 0 = absence d'auxiliaire | 0 à 30 = très faible | = 1 |
| | 1 = quelques momies | > 30 à 60 = faible | = 2 |
| | 2 = nombreuses momies | > 60 à 90 = moyenne | = 3 |
| | 3 = la plupart des individus parasités | > 90 à 120 = forte | = 4 |
| | | > 120 à 150 = très forte | = 5 |
| Coccinelle | 0 = absence d'auxiliaire | 0 à 30 = très faible | = 1 |
| | 1 = adulte(s) isolé(s) | > 30 à 60 = faible | = 2 |
| | 2 = plusieurs individus tout stade | > 60 à 90 = moyenne | = 3 |
| | 3 = individu(s) avec ponte(s) | > 90 à 120 = forte | = 4 |
| | | > 120 à 150 = très forte | = 5 |
| | Niveau global de la somme des niveaux de présence des différents types auxiliaires | 0 à 2 = très faible > 2 à 4 = faible > 4 à 6 = moyenne > 6 à 8 = forte > 8 à 10 = très forte | |

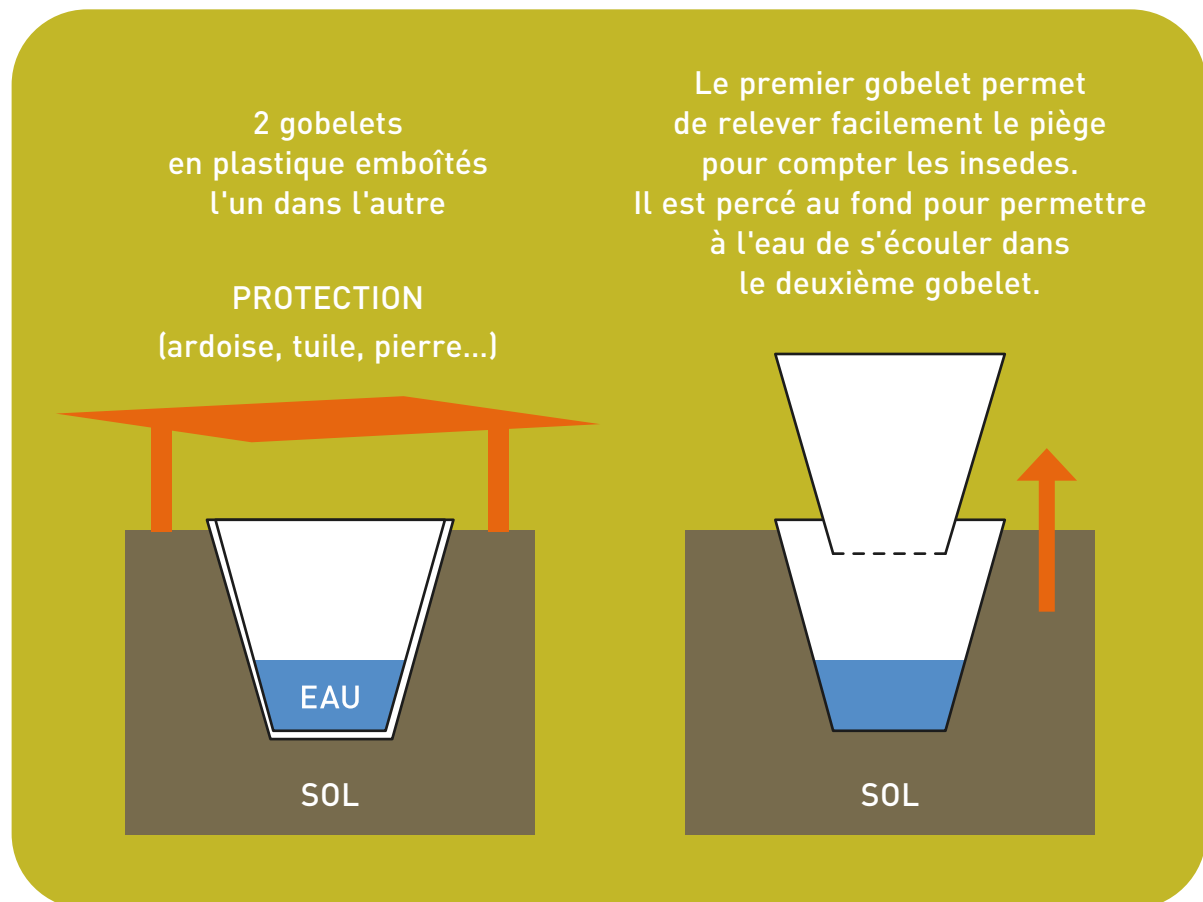
ANNEXE 8 : MÉTHODES D'OBSERVATION POUR LES CARABES ET LES VERS DE TERRE

Carabes



Les carabes semblent être plus rares en milieu tropical qu'en climat tempérée, surtout dans les basses terres.

Pour évaluer la présence des carabes la méthode la plus utilisée est la méthode Barber. Il s'agit de placer en ligne 4 gobelets en plastique enterrés à ras du sol, séparés de 5 à 10 m les uns des autres. On les remplit à moitié d'un mélange eau et vinaigre blanc à parts égales, sans oublier de saler le liquide.



Source: <http://agriculture-de-conservation.com/Evaluer-ses-populations-de-carabes,866.html>

On récolte les captures une semaine après et on les pèse ou on les compte. Chaque gobelet collectant les carabes présents sur 25 m² de surface, il suffit de multiplier par 100 la masse de carabes trouvée dans les 4 gobelets pour avoir la population à l'hectare.

Autres références sur la méthode :

- http://www.supagro.fr/ress-pepites/carabes/co/6_Echantillonnage.html
- <http://ephytia.inra.fr/fr/C/25129/jardibiodiv-Protocole-d-echantillonnage>

Autres sources d'information sur les carabes :

- http://www.ctifl.fr/ecophytopic/point_sur/PSCarabes.pdf
- http://documents.cdrflorac.fr/StageAccesLibre/RapportStageLPGENA2015_Maurouard.pdf
- <http://www.agriculture-durable.org/wp-content/uploads/2014/03/carabesbiodivgc.pdf>
- <http://www.inra.fr/Grand-public/Agriculture-durable/Tous-les-magazines/Carabes-insectes-allies-de-la-biodiversite-et-de-l-agriculture>
- <http://www.biokids.umich.edu/critters/Carabidae/>

Vers de terre



- En zone tropicale, les vers de terre sont surtout abondants dans des zones humides où la pluviométrie dépasse 1 000 à 1 100 mm. En Afrique de l'Ouest, le groupe dominant est constitué par les vers de terre géophages qui absorbent la matière organique du sol.
<http://books.openedition.org/irdeditions/3319?lang=fr>
- Dans les régions tropicales on effectue simplement un tri manuel identique à celui réalisé pour l'échantillonnage de la macrofaune totale du sol (méthode TSBF <http://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/>). Tous les vers de terre collectés sont comptés (abondance totale) et peuvent être classés par catégorie écologique. La pesée par catégorie écologique permet de déterminer la densité des vers de terre dans le sol.

Autres méthodes utilisées :

<http://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/VDTQuantification.html> ;
<https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/protocole-participatif-test-beche-vers-de-terre>

ANNEXE 9 : ÉVALUATION DES PRATIQUES AGRICOLES DANS L'EXPLOITATION

Source: adapté de « IBEA - Un outil de diagnostic de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité - Notice scientifique - 1^{ère} version, mars 2013 ».

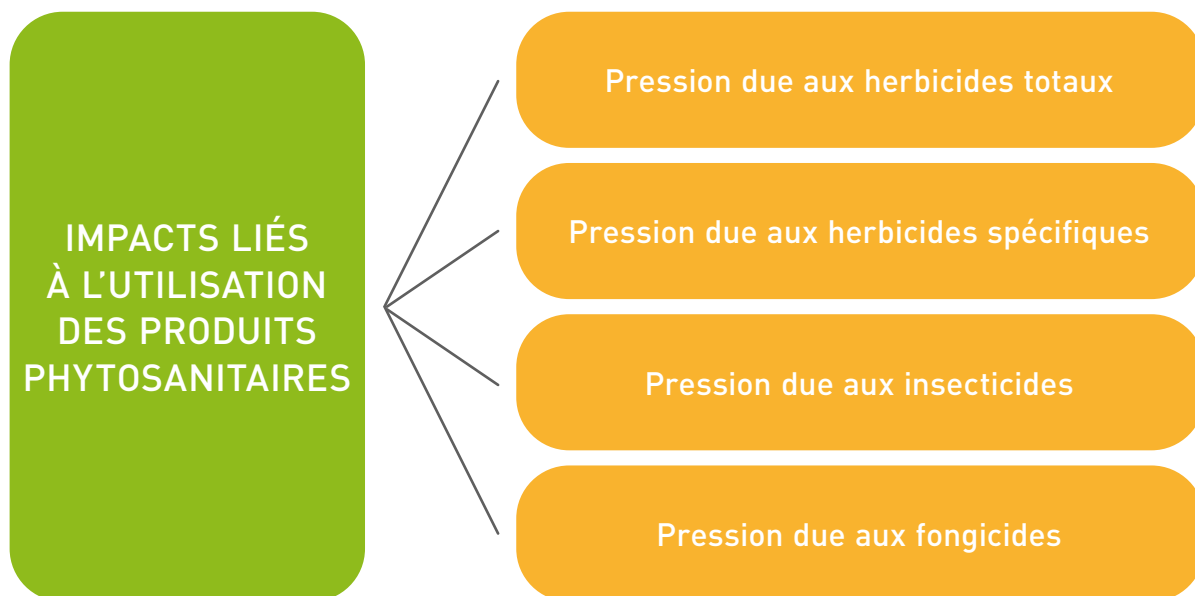
I. Itinéraires techniques de tous les milieux cultivés

1. Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires

Par simplification, ne sont explicitement retenues ici que 4 grandes catégories de pesticides (herbicides totaux, herbicides spécifiques, insecticides et fongicides).

Plusieurs variables caractérisent l'impact des pesticides sur la biodiversité, et notamment la proportion de l'espace qui reçoit des pesticides (ou inversement, celle qui est épargnée), et le nombre moyen de traitements (converti en doses homologuées) reçu par chaque hectare traité. Une autre variable est l'écotoxicité des produits utilisés. En effet toutes les molécules n'ont pas la même toxicité et certaines sont plus virulentes que d'autres. La période de traitement peut également influencer l'effet des produits phytosanitaires sur la biodiversité.

Ici on ne prend en compte que la proportion de surface recevant des traitements, vu le peu de données disponibles sur l'effet de la quantité de pesticide et du moment d'épandage sur la biodiversité, et la complexité d'un calcul intégrant l'écotoxicité des produits. Il est cependant évident que diminuer les quantités de pesticides et choisir des produits les plus adaptés possibles à la situation est une démarche plutôt favorable à la biodiversité.



1.1. Pression due aux herbicides totaux

La proportion de l'espace qui reçoit des herbicides totaux (ou inversement, celle qui est épargnée) est un indicateur caractéristique de la pression exercée par les traitements aux herbicides totaux. Le nombre de traitements a également un impact sur l'environnement en général (eau, air...) et sur la biodiversité en particulier. Comme cet effet est difficilement quantifiable, et dépend notamment des molécules

utilisées, il ne sert pas d'indicateur ici mais il est évident que plus le nombre de traitements sur une même parcelle est élevé, plus l'effet sera important.

Le niveau de pression s'évalue par la superficie traitée avec des herbicides totaux au cours de l'année en proportion de la superficie cultivée dans l'exploitation. Le seuil de 30% fixé à dire d'experts est une limite au-delà de laquelle on considère que la proportion non traitée aux herbicides totaux est trop faible pour la biodiversité.

| Niveau de pression exercée par les herbicides totaux | Description |
|--|--|
| Pression forte | La surface traitée aux herbicides totaux est supérieure à 30 % de la surface cultivée |
| Pression moyenne | La surface traitée aux herbicides totaux est inférieure ou égale à 30 % de la surface cultivée |
| Pression nulle | Aucune surface cultivée n'est traitée avec des herbicides totaux |

Pour les cultures maraîchères en milieu tropical il est proposé de déterminer le taux en calculant une moyenne sur l'année. Par exemple pour le calendrier de culture de l'exemple de l'annexe 5 repris ci-dessous il est calculé à chaque mois le % de la surface (en rouge dans le tableau) qui a eu au moins un traitement aux herbicides totaux dans l'année ; ensuite la moyenne sur l'année est calculée. Dans cet exemple on obtient 35,4 %, valeur qui est considéré comme une pression forte.

| Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | | Totaux |
|------------------|----------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Tomate | Roma | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Tomate | Xina | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Tomate | Mongal F1 | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Tomate | Calinago | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Gombo | Clemson | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 |
| Chou | KK Cross | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | 10 |
| Chou | Marché de Copenhague | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Oignon | Violet de Galmi | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 10 |
| Maïs | Locale | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | 10 |
| Concombre | Poinsett | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | 7,5 |
| Jachère cultivée | Légumineuse locale | | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 12,5 |
| Totaux | | | | | | | | | | | | | | |
| Hectare | Surface cultivée | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7,5 | Moyenne % herbicides totaux |
| % | Herbicides totaux | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 100 | 100 | 100 | 35,4 % |

1.2. Pression due aux herbicides spécifiques

De la même manière et pour les mêmes raisons que les herbicides totaux, l'indicateur retenu pour caractériser la pression exercée par les traitements aux herbicides spécifiques est la proportion de l'espace qui reçoit des herbicides spécifiques. Là encore, des traitements sur une portion réduite de la surface cultivée ainsi que, le cas échéant un faible nombre de traitement, sont préférables.

Le niveau de pression s'évalue par la superficie traitée avec des herbicides spécifiques au cours de l'année en proportion de la superficie cultivée dans l'exploitation. Le seuil de 30% fixé à dire d'experts est une limite au-delà de laquelle on considère que la proportion non traitée est trop faible pour la biodiversité.

| Niveau de pression exercée par les herbicides spécifiques | Description |
|---|--|
| Pression forte | La surface traitée aux herbicides spécifiques est supérieure à 30 % de la surface cultivée |
| Pression moyenne | La surface traitée aux herbicides spécifique est inférieure ou égale à 30 % de la surface cultivée |
| Pression nulle | Aucune surface cultivée n'est traitée avec des herbicides spécifiques |

Pour les cultures maraîchères en milieu tropical, il est proposé de faire le même type de calcul.

1.3. Pression due aux insecticides

De la même manière et pour les mêmes raisons que les herbicides, l'indicateur retenu pour caractériser la pression exercée par les traitements aux insecticides est la proportion de l'espace qui reçoit des insecticides ou assimilés (voir ci-dessous). Là encore, des traitements sur une portion réduite de la surface cultivée ainsi que, le cas échéant un faible nombre de traitement, sont préférables.

Le niveau de pression s'évalue par la superficie traitée avec des insecticides et assimilés au cours de l'année en proportion de la superficie cultivée dans l'exploitation. Le seuil de 30% fixé à dire d'experts est une limite au-delà de laquelle on considère que la proportion non traitée est trop faible pour la biodiversité.

Ici, toutes les substances destinées à lutter contre des ravageurs du règne animal (insectes, mollusques, rongeurs, nématodes, etc.) sont prises en compte: insecticides, molluscicides, rodenticides, aphicides, nématicides, etc.

Ne seront pas pris en compte les traitements utilisant très peu de produits à l'hectare comme les traitements de semences, les traitements par tâches, les utilisations dans des pièges ainsi que les produits autorisés en agriculture biologique comme les produits de biocontrôle.

| Niveau de pression exercé par les insecticides et assimilés | Description |
|---|---|
| Pression forte | La surface traitée aux insecticides est supérieure à 30 % de la surface cultivée |
| Pression moyenne | La surface traitée aux insecticides est inférieure ou égale à 30 % de la surface cultivée |
| Pression nulle | Aucune surface cultivée n'est traitée aux insecticides |

1.4. Pression due aux fongicides

De la même manière et pour les mêmes raisons que les autres pesticides, l'indicateur retenu pour caractériser la pression exercée par les traitements aux fongicides est la proportion de l'espace qui reçoit des fongicides. Là encore, des traitements sur une portion réduite de la surface cultivée ainsi que, le cas échéant un faible nombre de traitement, sont préférables.

Le niveau de pression s'évalue par la superficie traitée avec des fongicides au cours de l'année en proportion de la superficie cultivée dans l'exploitation. Le seuil de 30 % fixé à dire d'experts est une limite au-delà de laquelle on considère que la proportion non traitée est trop faible pour la biodiversité.

Ne seront pas pris en compte les traitements utilisant très peu de produits à l'hectare comme les traitements de semences, les traitements par tâches, les utilisations dans des pièges ainsi que les produits autorisés en agriculture biologique comme les produits de biocontrôle.

| Niveau de pression exercé par les fongicides | Description |
|--|---|
| Pression forte | La surface traitée aux fongicides est supérieure à 30 % de la surface cultivée |
| Pression moyenne | La surface traitée aux fongicides est inférieure ou égale à 30 % de la surface cultivée |
| Pression nulle | Aucune surface cultivée n'ai traitée aux fongicides |

1.5. Modalité d'évaluation globale (table d'agrégation) :

Les impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires sont évalués à partir la « Pression due aux herbicides totaux », « Pression due aux herbicides spécifiques », « Pression due aux insecticides » et « Pression due aux fongicides ».

L'impact des herbicides totaux sur la biodiversité est plus dommageable que celui des herbicides spécifiques, des insecticides et des fongicides, car leur spectre d'action est plus large et ils s'attaquent à la base de la chaîne alimentaire. C'est pourquoi ici est donné un peu plus d'importance à cet impact.

| | Pression due aux herbicides totaux | Pression due aux herbicides spécifiques | Pression due aux insecticides | Pression due aux fongicides | Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires |
|----|------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 1 | pression forte | pression forte | pression forte | pression forte | impact fort |
| 2 | pression forte | pression forte | pression forte | pression moyenne | impact fort |
| 3 | pression forte | pression forte | pression forte | pression nulle | impact fort |
| 4 | pression forte | pression forte | pression moyenne | pression forte | impact fort |
| 5 | pression forte | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | impact fort |
| 6 | pression forte | pression forte | pression moyenne | pression nulle | impact fort |
| 7 | pression forte | pression forte | pression nulle | pression forte | impact fort |
| 8 | pression forte | pression forte | pression nulle | pression moyenne | impact fort |
| 9 | pression forte | pression forte | pression nulle | pression nulle | impact fort |
| 10 | pression forte | pression moyenne | pression forte | pression forte | impact fort |
| 11 | pression forte | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | impact fort |
| 12 | pression forte | pression moyenne | pression forte | pression nulle | impact fort |
| 13 | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | impact fort |
| 14 | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | impact fort |
| 15 | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | impact fort |
| 16 | pression forte | pression moyenne | pression nulle | pression forte | impact fort |
| 17 | pression forte | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | impact fort |
| 18 | pression forte | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | impact fort |
| 19 | pression forte | pression nulle | pression forte | pression forte | impact fort |
| 20 | pression forte | pression nulle | pression forte | pression moyenne | impact fort |
| 21 | pression forte | pression nulle | pression forte | pression nulle | impact fort |
| 22 | pression forte | pression nulle | pression moyenne | pression forte | impact fort |
| 23 | pression forte | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | impact fort |
| 24 | pression forte | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | impact fort |
| 25 | pression forte | pression nulle | pression nulle | pression forte | impact fort |
| 26 | pression forte | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | impact fort |
| 27 | pression forte | pression nulle | pression nulle | pression nulle | impact moyen |
| 28 | pression moyenne | pression forte | pression forte | pression forte | impact fort |
| 29 | pression moyenne | pression forte | pression forte | pression moyenne | impact fort |
| 30 | pression moyenne | pression forte | pression forte | pression nulle | impact fort |
| 31 | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | pression forte | impact fort |
| 32 | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | impact fort |
| 33 | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | pression nulle | impact fort |
| 34 | pression moyenne | pression forte | pression nulle | pression forte | impact fort |

| | Pression due aux herbicides totaux | Pression due aux herbicides spécifiques | Pression due aux insecticides | Pression due aux fongicides | Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires |
|----|------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 35 | pression moyenne | pression forte | pression nulle | pression moyenne | impact fort |
| 36 | pression moyenne | pression forte | pression nulle | pression nulle | impact fort |
| 37 | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | pression forte | impact fort |
| 38 | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | impact moyen |
| 39 | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | pression nulle | impact moyen |
| 40 | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | impact moyen |
| 41 | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | impact moyen |
| 42 | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | impact moyen |
| 43 | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | pression forte | impact moyen |
| 44 | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | impact moyen |
| 45 | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | impact faible |
| 46 | pression moyenne | pression nulle | pression forte | pression forte | impact moyen |
| 47 | pression moyenne | pression nulle | pression forte | pression moyenne | impact moyen |
| 48 | pression moyenne | pression nulle | pression forte | pression nulle | impact moyen |
| 49 | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | pression forte | impact moyen |
| 50 | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | impact moyen |
| 51 | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | impact faible |
| 52 | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | pression forte | impact moyen |
| 53 | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | impact faible |
| 54 | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | pression nulle | impact faible |
| 55 | pression nulle | pression forte | pression forte | pression forte | impact fort |
| 56 | pression nulle | pression forte | pression forte | pression moyenne | impact fort |
| 57 | pression nulle | pression forte | pression forte | pression nulle | impact fort |
| 58 | pression nulle | pression forte | pression moyenne | pression forte | impact fort |
| 59 | pression nulle | pression forte | pression moyenne | pression moyenne | impact fort |
| 60 | pression nulle | pression forte | pression moyenne | pression nulle | impact fort |
| 61 | pression nulle | pression forte | pression nulle | pression forte | impact fort |
| 62 | pression nulle | pression forte | pression nulle | pression moyenne | impact fort |
| 63 | pression nulle | pression forte | pression nulle | pression nulle | impact moyen |
| 64 | pression nulle | pression moyenne | pression forte | pression forte | impact moyen |
| 65 | pression nulle | pression moyenne | pression forte | pression moyenne | impact moyen |
| 66 | pression nulle | pression moyenne | pression forte | pression nulle | impact moyen |
| 67 | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | pression forte | impact moyen |
| 68 | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | pression moyenne | impact moyen |

| | Pression due aux herbicides totaux | Pression due aux herbicides spécifiques | Pression due aux insecticides | Pression due aux fongicides | Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires |
|----|------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 69 | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | pression nulle | impact faible |
| 70 | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | pression forte | impact moyen |
| 71 | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | pression moyenne | impact faible |
| 72 | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | pression nulle | impact faible |
| 73 | pression nulle | pression nulle | pression forte | pression forte | impact moyen |
| 74 | pression nulle | pression nulle | pression forte | pression moyenne | impact moyen |
| 75 | pression nulle | pression nulle | pression forte | pression nulle | impact faible |
| 76 | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | pression forte | impact moyen |
| 77 | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | pression moyenne | impact faible |
| 78 | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | pression nulle | impact faible |
| 79 | pression nulle | pression nulle | pression nulle | pression forte | impact faible |
| 80 | pression nulle | pression nulle | pression nulle | pression moyenne | impact faible |
| 81 | pression nulle | pression nulle | pression nulle | pression nulle | impact nul |

2. Impact de la mécanisation

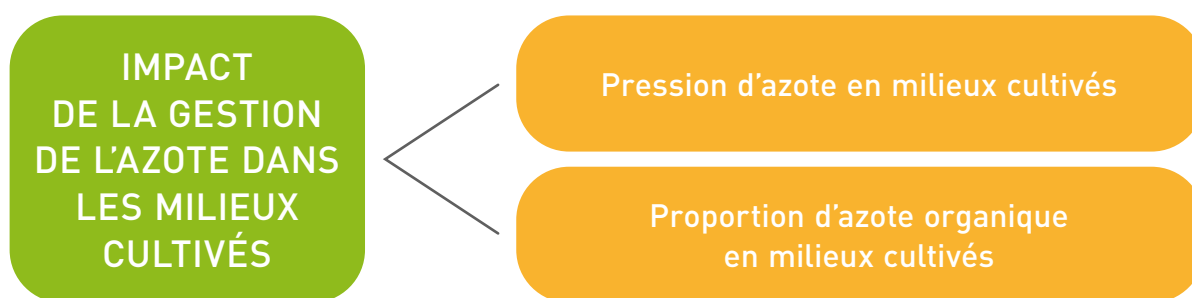


2.1. Proportion de terres labourées

À l'échelle du territoire comme à l'échelle de l'exploitation, la proportion de l'espace qui est labourée caractérise un certain niveau d'artificialisation du milieu. En dessous du seuil de 20% de l'espace (de l'exploitation et du territoire), on considère que l'impact du labour sur la biodiversité sauvage est faible ou négligeable alors qu'au-dessus de 75%, son impact sur le milieu devient très important (absence de ressources alimentaires pendant plusieurs mois pour de nombreuses espèces...). Ce critère est évalué par la proportion des surfaces labourées, c'est-à-dire travaillées avec retournement, par rapport à la surface de terres cultivées.

| Seuils de proportion de terres cultivées labourées | Qualification | Impact négatif de la mécanisation |
|--|---------------|-----------------------------------|
| Supérieure à 75 % | Etendue | fort |
| Comprise entre 20 et 75 % | Moyenne | moyen |
| Inférieure à 20 % | Restreinte | nul ou faible |

3. Impact de la gestion de l'azote dans les milieux cultivés



3.1. Pression d'azote en milieux cultivés

En Europe le seuil de 100 kg d'azote par hectare et par an (moyenne sur l'ensemble des terres cultivées), et plus encore celui de 150, sont considérés comme problématiques pour le milieu local et pour les eaux situées à l'exutoire dans le cas des grandes cultures. Dans le cas des cultures maraichères tropicales qui concernent ce manuel, nous avons relevé les seuils des classes définies plus bas car souvent, en milieu tropical les parcelles sont cultivées toute l'année et les besoins sur un an sont donc supérieurs que dans les climats tempérés.

La valeur de la pression azotée est calculée en comptabilisant tous les composés azotés épandus sur les milieux cultivés de l'exploitation (engrais, lisier, fumiers et composts...), qu'ils soient produits sur la ferme ou non. Les déjections animales au champ sont négligées, vues l'imprécision de cette donnée et la difficulté de calcul. Ce choix biaise légèrement le calcul, sans que cela modifie sensiblement la pression azotée et donc la valeur de l'indicateur.

Le niveau de la pression azotée s'évalue par la quantité moyenne d'azote (organique et minéral) épandu par hectare pour l'ensemble des parcelles cultivées en calculant : la dose moyenne à l'hectare d'azote minéral utilisé (surfaces cultivées) (kgN/ha) et la dose moyenne à l'hectare d'azote organique utilisé (surfaces cultivées) (kgN/ha), qu'il soit produit par le cheptel ou importé. La quantité d'azote organique non importée est estimée à partir des données de cheptel.

NB :

- Les calculs s'entendent en unités d'azote (UN) c'est-à-dire en kg d'azote dans la matière organique.
- La dose moyenne à l'hectare se calcule en divisant le nombre de doses totales épandues dans l'année sur les milieux cultivés, par la surface de tous les milieux cultivés, qu'ils reçoivent de l'azote ou pas.

| Niveau de la pression azotée négative | Description |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Très forte | Supérieure à 300 kgN/ha/an |
| Forte | Comprise entre 200 et 300 kgN/ha/an |
| Moyenne | Comprise entre 100 et 200 kgN/ha/an |
| Faible | Inférieure à 100 kgN/ha/an |

3.2. Proportion d'azote organique en milieux cultivés

À la différence de l'azote minéral rapidement solubilisé par les pluies, l'azote organique, apporté sans excès (sous forme de fumier ou de compost), est très favorable à l'activité biologique des sols. Par contre, l'azote apporté sous forme de lisier (en quantité significative cependant), modifie brutalement le rapport carbone/azote du milieu sol, entraînant une accélération de la minéralisation et du turnover de la matière organique. Le lisier pose également des problèmes d'asphyxie de la pédofaune, en particulier les lombrics (Soltner, 2005).

Le niveau de l'effet favorable s'évalue par la proportion d'intrants azotés d'origine organique utilisés sur les surfaces cultivées de l'exploitation, hors lisier en raison de ses effets négatifs sur la faune endogée (cf. ci-dessus).

| Niveau d'effet favorable | Proportion d'azote organique |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Faible | Proportion inférieure à 20 % |
| Moyenne | Proportion comprise entre 20 et 50 % |
| Forte | Proportion supérieure à 50 % |

NB: Le fait que les fumures organiques aient subi une transformation (compostage en particulier) n'est pas pris en compte ici, car son impact sur la biodiversité n'est pas établi.

3.3. Modalité d'évaluation globale (table d'agrégation) :

La «Gestion de l'azote sur les milieux cultivés» est évaluée à partir de la «Pression d'azote en milieux cultivés» et de la «Proportion d'azote organique en milieux cultivés».

La pression d'azote compte pour beaucoup dans la gestion d'azote, mais la proportion est également importante, notamment pour des pressions d'azote moyennes. Pour des pressions faibles, la proportion d'azote organique porte sur de faibles quantités donc joue peu. À l'inverse, de très fortes pressions d'azote ont un tel effet sur la biodiversité qu'elle n'est pas réellement compensée par de l'azote organique. C'est donc pour des pressions moyennes à fortes que la proportion d'azote organique a un effet.

| | Pression d'azote en milieux cultivés | Proportion d'azote organique en milieux cultivés | Gestion de l'azote sur les milieux cultivés |
|----|--------------------------------------|--|---|
| 1 | très forte | faible | problématique |
| 2 | très forte | moyenne | problématique |
| 3 | très forte | forte | problématique |
| 4 | forte | faible | problématique |
| 5 | forte | moyenne | problématique |
| 6 | forte | forte | acceptable |
| 7 | moyenne | faible | acceptable |
| 8 | moyenne | moyenne | acceptable |
| 9 | moyenne | forte | favorable |
| 10 | faible | faible | favorable |
| 11 | faible | moyenne | favorable |
| 12 | faible | forte | favorable |

4. Modalité d'évaluation de l'impact des itinéraires techniques de tous les milieux cultivés

On évalue ici globalement l'impact des choix en matière de conduite des cultures sur la biodiversité sauvage.

L'impact des « Itinéraire technique de tous les milieux cultivés » est évalué à partir de l'agrégation des « Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires », « Impact de la mécanisation » et « Gestion de l'azote en milieux cultivés ». L'impact des traitements phytosanitaires est jugé prépondérant dans l'effet de l'itinéraire technique sur la biodiversité.

| | Impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires | Impact de la mécanisation | Gestion de l'azote en milieux cultivés | Itinéraire technique de tous les milieux cultivés |
|----|---|---------------------------|--|---|
| 1 | forte | fort | problématique | problématique |
| 2 | forte | fort | acceptable | problématique |
| 3 | forte | fort | favorable | problématique |
| 4 | forte | moyen | problématique | problématique |
| 5 | forte | moyen | acceptable | problématique |
| 6 | forte | moyen | favorable | problématique |
| 7 | forte | faible | problématique | problématique |
| 8 | forte | nul ou faible | acceptable | problématique |
| 9 | forte | nul ou faible | favorable | problématique |
| 10 | moyenne | fort | problématique | problématique |
| 11 | moyenne | fort | acceptable | médiocre |
| 12 | moyenne | fort | favorable | médiocre |
| 13 | moyenne | moyen | problématique | médiocre |
| 14 | moyenne | moyen | acceptable | médiocre |
| 15 | moyenne | moyen | favorable | acceptable |
| 16 | moyenne | nul ou faible | problématique | acceptable |
| 17 | moyenne | nul ou faible | acceptable | acceptable |
| 18 | moyenne | nul ou faible | favorable | acceptable |
| 19 | faible | fort | problématique | médiocre |
| 20 | faible | fort | acceptable | acceptable |
| 21 | faible | fort | favorable | acceptable |
| 22 | faible | moyen | problématique | acceptable |
| 23 | faible | moyen | acceptable | acceptable |
| 24 | faible | moyen | favorable | favorable |
| 25 | faible | nul ou faible | problématique | acceptable |
| 26 | faible | nul ou faible | acceptable | favorable |
| 27 | faible | nul ou faible | favorable | favorable |
| 28 | nulle | fort | problématique | médiocre |
| 29 | nulle | fort | acceptable | acceptable |
| 30 | nulle | fort | favorable | acceptable |
| 31 | nulle | moyen | problématique | acceptable |
| 32 | nulle | moyen | acceptable | favorable |
| 33 | nulle | moyen | favorable | favorable |
| 34 | nulle | nul ou faible | problématique | favorable |
| 35 | nulle | nul ou faible | acceptable | favorable |
| 36 | nulle | nul ou faible | favorable | favorable |

II. Structure des cultures pérennes

1. Enherbement des cultures pérennes

Les vergers, par exemple de manguiers, et autres cultures pérennes ligneuses ou composés de plantes comme les bananiers et les papayers appartiennent évidemment aux milieux cultivés mais, par leur relative stabilité dans le temps, ils présentent des caractéristiques spécifiques vis-à-vis de la faune sauvage (installation de nids, de réseaux trophiques complexes...). Au contraire des milieux labourés et réensemencés chaque année, cette stabilité dans le temps permet le développement d'une certaine biodiversité qui est renforcée par un enherbement permanent. Cette technique est probablement la plus bénéfique pour la biodiversité et elle a l'avantage de permettre l'hébergement de la faune auxiliaire (ESCO, chapitre 3, p 41, 2008). Un entretien mécanique de l'enherbement est à préférer à un entretien chimique.

Ce critère est évalué par la proportion de la surface des cultures pérennes qui est enherbée. Cette proportion est auto-estimée.

NB : une parcelle enherbée un rang sur deux est considérée comme enherbée sur la moitié de sa surface.

| Niveau d'enherbement | Seuils en % de surface enherbée |
|---------------------------|--|
| Enherbement faible ou nul | < 20 % des surfaces pérennes enherbées |
| Enherbement partiel | de 20 % à 75 % des surfaces pérennes enherbées |
| Enherbement total | > 75 % des surfaces pérennes enherbées |

La surface enherbée devra comprendre une densité et variabilité suffisante en espèces pour être considérée comme enherbée. En Guadeloupe⁷¹ il est considéré que l'enherbement doit comprendre au minimum 3 espèces d'herbes pour être considérée comme «valablement» enherbé. Un nombre de 20 espèces végétales serait optimal pour assurer les services écosystémiques attendus d'un enherbement.

Le niveau d'enherbement sera évalué pendant la saison favorable, c'est-à-dire pendant la saison pluvieuse. Pour être valable, il faudra bien entendu que l'enherbement soit maintenu pendant toute la saison favorable et jusqu'à la mort des plants en saison sèche.

71 Mise au point d'un indicateur d'évaluation de la biodiversité des vergers agrumicoles de Guadeloupe
Rapport de stage de fin d'études de la formation Master 2 gestion de la biodiversité -
Soutenu en septembre 2009 à Toulouse Par Maxime Pfohl - Encadré par Fabrice Le Bellec,
Agronome Station du CIRAD, Vieux-Habitants.

2. Architecture des cultures pérennes

Dans les cultures pérennes, la présence de plusieurs strates exploitables par les communautés biologiques (aspect spatial) et leur maintien (aspect temporel) est une situation potentiellement propice au maintien de réseaux trophiques et à la diversité animale (ESCo, 2008).

Ce critère s'évalue par la part des cultures pérennes hétérogènes en strates et/ou en âges et/ou en espèces et/ou en variétés, par rapport à la surface totale en cultures pérennes ligneuses. On inclut à cette part également les cultures pérennes ligneuses de plus de 30 ans, qui du fait de leur âge ont vu leur hétérogénéité augmenter.

| Niveau du critère | Description |
|-------------------|--|
| Homogène | Part hétérogène inférieure ou égale à 50 % |
| Hétérogène | Part hétérogène supérieure à 50 % |

3. Modalité d'évaluation globale de la structure des cultures pérennes

Ce critère évalue l'impact des choix de gestion sur la complémentarité des micro-habitats. En effet, des cultures ligneuses enherbées et à l'architecture hétérogène constituent une multitude de micro-habitats facilitant l'accueil d'espèces sauvages variées.

La qualité de la « Structure des cultures pérennes ligneuses » est évaluée par l'agrégation de « Enherbement des cultures pérennes ligneuses et peupleraies » et de « Architecture des cultures pérennes ligneuses ». L'architecture est considérée comme ayant une importance légèrement plus grande que l'enherbement.

| | Enherbement des cultures pérennes | Architecture des cultures pérennes | Structure des cultures pérennes |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | enherbement faible ou nul | homogène | médiocre |
| 2 | enherbement faible ou nul | hétérogène | acceptable |
| 3 | enherbement partiel | homogène | acceptable |
| 4 | enherbement partiel | hétérogène | favorable |
| 5 | enherbement total | homogène | acceptable |
| 6 | enherbement total | hétérogène | favorable |

ANNEXE 10 : ÉVALUATION DE LA QUALITÉ ET DE LA DÉGRADATION/ PERTURBATION DES IAE/UAE

Sont donnés ci-après des exemples de tableau d'évaluation de l'état de différents types d'IAE/UAE. L'état de conservation (qualité) de l'IAE/UAE y est évalué par plusieurs indicateurs pour chacun des 3 critères (structure, composition, dégradation/perturbation). Pour chaque combinaison critère/indicateur sont données les limites servant à qualifier la situation de bonne (A), moyenne (B) ou défavorable (C).

La note finale donnée à l'infrastructure agro-écologique est la note du plus mauvais indicateur de la liste de l'évaluation par IAE/UAE. Dans la mesure du possible, l'ensemble des indicateurs doit être évalué. Si ce n'est pas le cas au moins un indicateur par catégorie doit être évalué. En effet, le diagnostic s'intègre dans une logique d'amélioration de la biodiversité. Ainsi, tout critère déficient doit pouvoir être corrigé par la gestion proposée en fin de diagnostic.

En dernier lieu est donné un exemple de tableau permettant de compiler l'état des différentes IAE/UAE présentes sur une exploitation.

N.B. : Certains tableaux des sources citées ci-dessous ont été librement adaptés dans le cadre de ce manuel

Sources :

- DIAGNOSTIC DE BIODIVERSITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES EN LANGUEDOC-ROUSSILON MANUEL ADAPTÉ DANS LE CADRE DU PROJET ECODIAG LEONARDO DA VINCI TRANSFERT D'INNOVATION WORK PACKAGE N°3 - Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon | SupAgro Flora
- IBEA - Un outil de diagnostic de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité - Notice scientifique - 1^{ère} version, mars 2013

1. Tableau d'aide à l'évaluation des haies naturelles et semi-naturelles

Définition: Est considérée comme haie naturelle ou semi-naturelle une structure linéaire d'une longueur minimale de 10 m, constituée d'arbres et/ou d'arbustes, de buissons majoritairement autochtones.

Si une haie est interrompue sur une distance de plus de 20% de sa longueur il faudra considérer les différentes portions séparément

| Critères | Indicateurs | État de conservation | | | Données observées |
|------------------------------|--|-----------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|
| | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Largeur moyenne de la haie (distance entre les troncs les plus extérieurs) | > 2m | 1 à 2 m | < 1m | |
| | Nombre de strates ligneuses (arborée: > 3m, arbustive haute: 1,5m à 3m, arbustive basse: < 1,5m) significatives (au moins 10% de la longueur totale) | 3 | 2 | Moins de 2 | |
| | Largeur moyenne de bande enherbée de part et d'autre de la haie | > 1,5 m | 50 cm à 1,5 m | < 50 cm ou aucune herbe | |
| | Nombre moyen de types de petites structures associées: tas de branches, arbres à cavité, arbre de gros diamètre (> 30 cm), tas de pierre, murets, clapas, bois mort sur pied, souche, etc... par 10 m linéaire | Au moins 3 types différents | 1 à 2 types | Aucun type | |
| Composition | Nbre moyen d'espèces ligneuses (ligneux bas et ligneux haut confondus y compris les lianes) par tronçon de 10 m | Plus de 5 | 3 à 5 | Moins de 3 | |
| | Nbre moyen d'espèces d'arbres, arbustes et buissons portant des fruits (baies ou fruits à coque) par tronçon de 10 m | Plus de 2 | 1 à 2 | Aucun | |
| | Nombre moyen d'espèces d'arbustes et buissons épineux ou d'arbres caractéristiques du paysage par tronçon de 10 m | Plus de 1 | 1 | Aucun | |
| | Recouvrement en espèces exotiques [%]* | Moins de 1 % | 1-10 % | > de 10 % | |
| Dégradations / perturbations | Dégradations** [% superficie impactée] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Distance moyenne haie / surface traitée ou fertilisée la plus proche: distance du tronc le plus extérieur à la bordure de la surface traitée et/ ou cultivée | > 2 m | 1 m à 2 m | < 1 m | |

* Liste à définir pour chaque territoire

** Ex: dépôts de remblais, déchets, traitements herbicides, brûlage, labour ou bouleversement du sol

2. Tableau d'aide à l'évaluation des alignements d'arbres

Définition : Sont considérés comme alignement d'arbres, des arbres feuillus de haut jet implantés le plus souvent en bordure de parcelle ou de chemin, d'une longueur minimale de 30 m et composés d'au moins 5 arbres.

| Critères | Indicateurs | État de conservation | | | Données observées |
|--------------------------------|---|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------------|
| | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Hauteur moyenne | > 4m | entre 2 et 4m | < 2m | |
| | Nombre moyen de types de petites structures associées par 30 m linéaire : tas de branches, arbres à cavité, tas de pierre, murets, clapas, bois mort sur pied, etc... | Au moins 3 types différents | 1 à 2 types | Aucun type | |
| Composition | Pourcentage d'espèces exotiques* hors arbres fruitiers | absence | < 5 % | > 5 % | |
| Dégradations/ perturbations | Dégradations** [% superficie impactée] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Distance moyenne du tronc à la bordure de la surface traitée et/ou cultivée | > 2 m | 1 m à 1,5 m | < 1 m | |

* Liste à définir pour chaque territoire

** Ex. : coupe à blanc, élagage excessif, dépôt de gravats ou déchets, brûlage, désherbage au pied, labour ou bouleversement du sol, traitements herbicides, etc...

3. Tableau d'aide à l'évaluation des bosquets

Définition: les bosquets sont de petits massifs boisés d'une superficie comprise entre 5 ares et 50 ares. Au-delà de 50 ares il faudra considérer l'espace comme étant une forêt (voir point 6), mais qui ne pourra plus être considérée comme étant une IAE.

| Critères | Indicateurs | État de conservation | | | Données observées |
|------------------------------|--|----------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Nombre d'arbres à cavité, arbres de gros diamètre, vieux arbres par 5 ares | > / = 2 | 1 | 0 | |
| | Recouvrement sol nu (hors pierres) [%] | < 10 | 10-20 | > 20 | |
| Composition | Recouvrement espèces exotiques* [%] | < 10 | 10-20 | > 20 | |
| | Recouvrement per des plantes herbacées au lieu de ligneux [%] | < 10 | 10-20 | > 20 | |
| Dégradations / perturbations | Dépôts de déchets ou présence de pistes [% superficie impactée] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Recouvrement dégradé par le feu (%) | < 10 | 10-20 | > 20 | |

* Liste à définir pour chaque territoire

4. Tableau d'aide à l'évaluation des bandes enherbées

Définition : il existe deux types de bandes enherbées :

- les bandes enherbées de bordure (field border), qui sont des bandes constituées d'une végétation herbacée permanente dense et établies le long d'un ou de plusieurs côtés d'un champ (bandes enherbées proprement dites)
- les bandes tampons (filter strips ou encore buffer strips ou riparian zones), qui sont des bandes constituées d'une végétation herbacée permanente établies aux abords de cours d'eau, plans d'eau, sources ou autres zones humides.

| Critères | Indicateurs | | État de conservation | | | Données observées |
|-----------------------------|---|---|----------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| | | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Largeur [en m] | Bandes tampon (en bordure de zone humide (cours d'eau, ruisseau, source, mare, étang...)) | > 5 | 2-5 | < 2 | |
| | | Bandes enherbées (en bordure de parcelles cultivées, talus, chemins ou autres éléments) | > 2 | 1-2 | < 1 | |
| | Présence de sol nu (hors pierres) [%] | | < 10 | 10-20 | > 20 | |
| | Recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons (> 30 cm de haut) [%] | | < 25 | 25-50 | > 50 | |
| Composition | Espèces exotiques [%] | | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Espèces rudérales [%]* | | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Nombre moyen d'espèces de plantes à fleur (attirant les insectes utiles) visibles par 30 m linéaire | | > 10 | 5-10 | < 5 | |
| | Recouvrement d'espèces vivaces* [en %] | | > 80 | 50-80 | < 50 | |
| Dégradations/ perturbations | Dégradations** [% superficie impactée] | | < 1 | 1-10 | > 10 | |

* Liste à établir pour chaque territoire

** Ex. : traces de traitements herbicides, de brûlage, de labour, etc...

5. Tableau d'aide à l'évaluation des zones humides

5.1. Risques de dégradation/perturbation des zones humides

Il y a un risque de pollution et de dégradation des milieux humides et/ou aquatiques à partir des pratiques agricoles des parcelles voisines. Des berges de zones humides protégées par une ripisylve (bande boisée), par des alignements d'arbres et bordées de bandes enherbées ou de prairies naturelles non fertilisées, pâturées ou fauchées, (avec idéalement, un aménagement des accès à l'eau pour éviter la dégradation du milieu par le piétinement du bétail), constituent la meilleure technique agricole pour protéger l'eau et les milieux humides du ruissellement et des transferts de pollution. Au contraire, des zones humides, par exemple une rivière bordée de cultures, sans zone tampon ou de largeur insuffisante, sont exposées aux dérives de pesticides et au ruissellement (turbidité), ainsi qu'aux crues brutales qui sont toujours possibles.

5.2. Tableau d'aide à l'évaluation des fossés

Définition : Un fossé est une structure linéaire creusée pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux. Sont considérés comme IAE/UAE toute sorte de fossés sauf ceux dont les berges sont bâties.

| Critères | Indicateurs | État de conservation | | | Données observées |
|-----------------------------|--|----------------------|-------------|-----------------|-------------------|
| | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Pente des berges < 60 ° [% du linéaire]* | > 50 | 25 à 50 | < 25 | |
| | Présence de sol nu (hors pierres) [% de la surface] | < 10 | 10-25 | > 25 | |
| Composition | Espèces exotiques** [%] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| Dégradations/ perturbations | Dégradations*** [% superficie impactée] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Distance moyenne du bord du haut de berge au bord de la surface traitée et/ou cultivée | > 1 m | 50 cm à 1 m | < 50 cm | |

* Pour plus d'info sur les mesures des angles verticaux et des pentes voir http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707f/x6707f04.htm

** Liste à établir pour chaque territoire

*** Ex. : dépôts de remblais de gravats, traces de traitements herbicides, de brûlage, de labour...

5.3. Tableau d'aide à l'évaluation des mares, marigots, étangs

Définitions: Une mare est une étendue d'eau (pérenne ou non, naturelle ou non), de faible surface et profondeur. Il n'y a pas de critère précis pour différencier une grande mare d'un petit étang, si ce n'est que les mares n'ont généralement pas d'exutoires, alors que les étangs sont souvent alimentés par une source ou un ruisseau et ont un exutoire. L'étang est souvent artificiel et barré par une «chaussée», un seuil ou un «bief» (qui permet éventuellement de le vider). Un marigot est une petite étendue d'eau fermée – une mare –, souvent dépourvue d'eau pendant la saison sèche. Il peut s'agir d'un étang permanent ou alors de bras d'eau d'une rivière qui se transforment progressivement en petites mares, se réduisent et disparaissent parfois.

| Critères | Indicateurs | État de conservation | | | Données observées |
|--------------------------------|---|----------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| | | A = Bon | B = Moyen | C = Défavorable | |
| Structure | Pente des berges | En majorité < 30° | En majorité entre 30 et 45° | En majorité > 45° | |
| Composition | Espèces exotiques [%]* | < 1 | 1-5 | > 5 | |
| Dégradations/ perturbations | Dégradations** [% superficie impactée] | < 1 | 1-10 | > 10 | |
| | Distance du bord du haut de berge à la bordure de la surface traitée et/ou cultivée | > 5 m | 2 à 5 m | < 2 m | |

* Liste à établir pour chaque territoire

** Ex.: aménagements, artificialisation du bassin de la source, captages, drainage, dépôts, comblements, piétinement par le bétail ou l'homme, fréquentation par des engins motorisés, eutrophisation

6. Qualité des forêts

Les forêts qui dépendent de la gestion de l'agriculteur (forêts paysannes), qui sont généralement valorisées comme source de bois de chauffage, de piquets ou même de bois d'œuvre, constituent un important réservoir de biodiversité pour de nombreuses espèces qui trouvent dans ce milieu privilégié des habitats et des ressources diversifiées. L'indicateur «Qualité des forêts» cherche ainsi à évaluer la capacité des forêts à maintenir un nombre plus ou moins grand d'espèces sauvages à travers l'évaluation de leur diversité en ressources comme en habitats. La forêt de taille supérieure à 5000 m² n'est pas prise en compte dans le calcul du taux de IAE/UAE d'une exploitation mais sa gestion doit être optimisée pour en tirer le meilleur profit de sa biodiversité.

NB : Une forêt limitrophe de l'exploitation mais n'étant pas la propriété de l'agriculteur a un impact sur la biodiversité de l'exploitation elle-même, mais les décisions concernant la gestion de la forêt ne relevant pas de l'agriculteur, elle n'est pas prise en compte ici.

Modalité de calcul ou d'évaluation :

La qualité des forêts est évaluée par sa capacité à maintenir un nombre plus ou moins grand d'espèces sauvages. Elle est traduite par une note affectée en fonction des critères suivants :

- Présence significative d'arbustes (1) ou absence (0)
- Mélange des essences : présence significative de 2 ou 3 essences (1), voire de 4 essences ou plus (2) ; ou une seule essence dominante (0) Mélange significatif des âges (présence équilibrée de semis spontanés, jeunes pousses, petit bois, bois moyen, gros bois) (1) ou homogénéité des âges des arbres (0)
- Présence de bois mort : présence significative de bois mort au sol (branches, troncs...) (1), voire de bois mort debout (arbres morts debout, arbres dépérissant...) (2) ; ou absence de bois mort (0)
- Présence significative d'arbres remarquables (1) ou absence (0) Présence significative de mares intra forestières (1) ou absence (0)
- Présence significative de lisières structurées (1) ou absence (0) Présence significative de clairières (1) ou absence (0)

| Qualité | Cotation globale de la forêt |
|--------------------|--|
| Mauvaise | Note totale inférieure à 6 points |
| Moyenne | Note comprise entre 6 et 7 |
| Bonne à très bonne | Note comprise entre 8 et 9 ou supérieure à 9 |

7. Tableau de compilation synthétique de l'état des IAE/UAE

Les différentes IAE/UAE recensées et évaluées au sein de l'exploitation peuvent être reprises dans un tableau de synthèse comme ci-dessous ou peuvent être aussi déjà indiquées les mesures préconisées pour améliorer l'état.

| Évaluation des infrastructures agro-écologiques | | | | | | | |
|---|-----------------|----------------------|-------------|--------------|------|--------------|---------------------|
| Type IAE/ UAE : | | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Type IAE/ UAE : | | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Type IAE/ UAE : | | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| TOTAL GLOBAL | | | | | | | |

Exemple : d'une exploitation de 5 ha dont 4,5 ha de SAU

| Évaluation des infrastructures agro-écologiques | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|-------------|--------------|------|--------------|--|
| Type IAE/ UAE : | Haies | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| H1 | 50 m x 2,5 m = 125 m ² | A | B | C | C | | Enlever les déchets non organiques et ne plus faire de feux à proximité de la haie |
| H2 | 25 m x 2 m = 50 m ² | A | B | B | B | | Diminuer les espèces exotiques et planter des arbustes à fruits Eloigner d'1 m les parcelles cultivées de la haie |
| Total | 175 m ² | | | | | | |
| Type IAE/ UAE : | Alignements d'arbres | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| AA1 | 200 m x 4 m = 800 m ² | A | A | A | A | | |
| Total | 800 m ² | | | | | | |
| Type IAE/ UAE : | Bandes enherbées | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| BE1 | 200 m x 2 m = 400 m ² | A | C | A | C | | Semer au moins 5 espèces (locales de préférence) de plantes à fleurs |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|-------------|--------------|------|--------------|---|
| BE2 | 200 m x 2 m = 400 m ² | A | C | B | C | | Semer au moins 5 espèces (locales de préférence) de plantes à fleurs Eviter le passage du tracteur sur la bande |
| Total | 800 m ² | | | | | | |
| Type IAE/ UAE : | Mares | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| MA1 | 20 m x 20 m = 400 m ² (berges comprises) | A | B | C | C | | Agrandir l'espace entre le haut de berge et la limite des parcelles cultivées jusqu'à 3 m |
| Total | 400 m ² | | | | | | |
| TOTAL GLOBAL | 2175 m ² | | | | | | |

Il faut ajouter à ce total global de 2175 m² les surfaces occupées par les arbres isolés qui sont au nombre de 10 grands arbres dans l'exploitation (10 grands arbres isolés en bon état (pas de taille sévère) = 10 x 100 m² = 1000 m²).

On a donc un total d'IAE/UAE de 3175 m² sur 45000 m² ce qui fait un taux d'IAE/UAE de 7% qui est considéré comme un taux moyen. Cependant dans cette exploitation la surface occupée par les haies est insuffisante. Idéalement il faudrait qu'elles occupent à elle seules au moins 5% de la SAU (dans ce cas au moins 2250 m²). Pour atteindre ce taux il faudrait multiplier par au moins 13 le linéaire actuel des haies. En ajoutant ces haies à l'exploitation on n'obtiendrait ainsi un taux global en IAE/UAE de 9,4%.

Chapitre 3

Services écosystémiques fournis par la biodiversité

| | |
|---|-----|
| 3.1. La biodiversité sauvage | 198 |
| 3.2. La biodiversité domestique | 207 |
| 3.3. La biodiversité paysagère | 216 |
| 3.4. Liens entre la biodiversité et les autres éléments | 222 |

3.1. LA BIODIVERSITÉ SAUVAGE

3.1.1. Les services fournis

Les systèmes de production agricoles s'appuient sur un milieu physique naturel appelé agro écosystème reposant sur un ensemble de terres exploitées pour l'agriculture, l'élevage, la pisciculture, la sylviculture et les pâturages. Ce milieu constitue un ensemble des biotopes et des biocénoses adaptés et transformés selon les objectifs de l'agriculture et influence les caractéristiques du milieu. La biodiversité est à la base de nombreux processus naturels régissant le fonctionnement des agro systèmes/écosystèmes et c'est pourquoi la valorisation de la biodiversité est capitale pour l'agriculteur et la communauté.

Les principaux services rendus par la biodiversité dans le cadre des activités agricoles sont :

1. Des **services de régulation** : avantages tirés de la régulation des processus écosystémiques, comme par exemple la régulation de la qualité de l'air et de la fertilité des sols, la lutte contre les inondations et les maladies ou encore la pollinisation des cultures.
2. Des **services de support** aussi dit auto-entretien ou encore de soutien : nécessaires pour la production de tous les autres services écosystémiques ; il s'agit par exemple de donner des espaces de vie aux végétaux et aux animaux, de permettre la diversité des espèces et de préserver la diversité génétique. Leurs effets sur les hommes sont soit indirects soit apparaissent sur des longues périodes de temps.

La figure 1 schématise les multiples services fournis par la biodiversité à l'agriculture pour un paysage fictif, montrant les services rendus par la biodiversité à différentes échelles (parcelle cultivée, parcelles adjacentes et à l'échelle plus large du paysage) et illustrant le fait que plusieurs services et bénéfiques sont fournis par chaque élément.

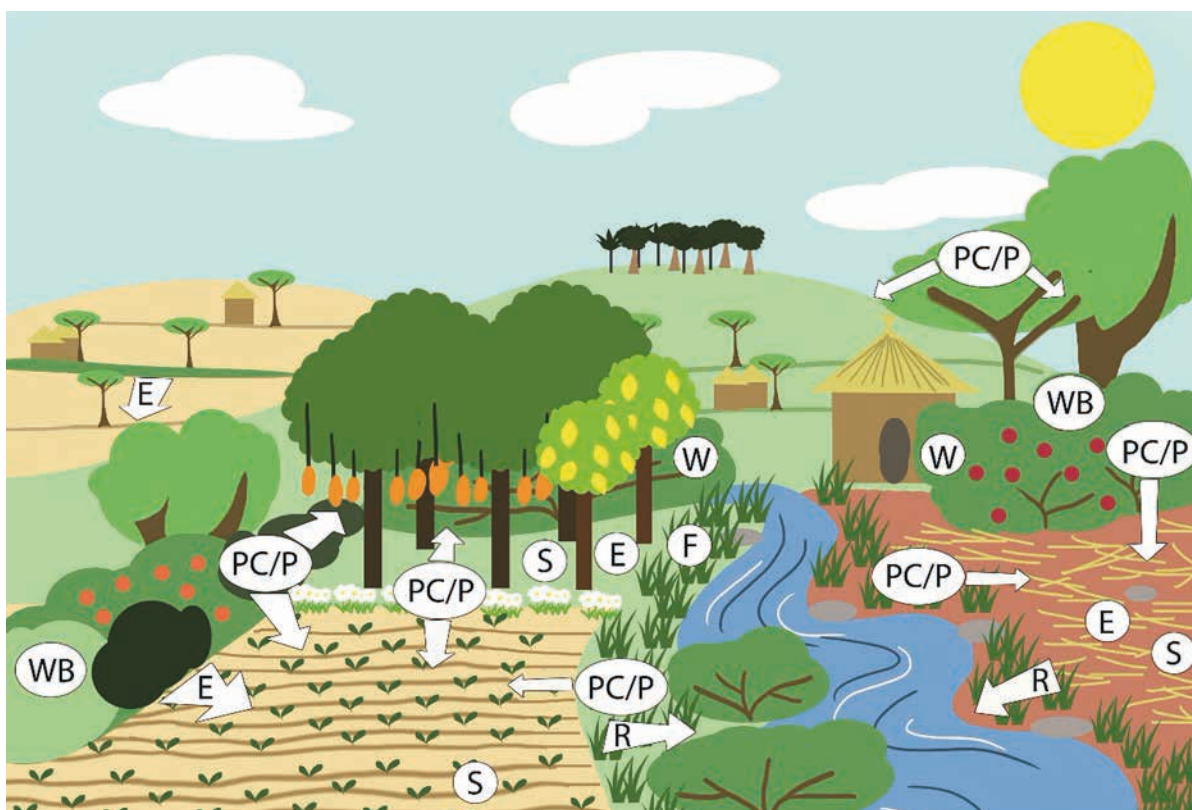


Figure 1 : Les multiples services fournis à l'agriculture par la biodiversité
Source : adapté de ELN-FAB, 2012⁷² - dessin de Claire-Eliane Delhove

E. Prévention de l'érosion : Les haies qui suivent les courbes de niveau empêchent l'érosion du sol vers le bas de la colline. Les couverts herbeux dans les vergers permettent de prévenir l'érosion du sol par le vent ou les pluies torrentielles. Laisser les résidus de récolte dans les champs a un effet similaire.

F. Prévention des inondations : Laisser les berges basses des rivières en dehors de la zone de production agricole et couvertes de végétation basse laisse la place aux excès de débordement et réduit la vitesse de l'eau, protégeant ainsi les terres agricoles en aval.

P. Pollinisation : Les bordures de champ riches en fleurs, les berges de rivière avec végétation, les bosquets et d'autres espaces fournissent des habitats pour une multitude d'insectes pollinisateurs utiles aux cultures.

PC. Contrôle des bioagresseurs : Les bordures de champ riches en fleurs (avec des espèces choisies) et d'autres infrastructures semi-naturelles offrent un habitat pour les auxiliaires des cultures. Des haies vives, des bosquets et d'autres infrastructures fournissent aussi un habitat pour les prédateurs et les rapaces qui assurent un contrôle des petits rongeurs.

72 ELN-FAB (2012) Functional agrobiodiversity: Nature serving Europe's farmers. – Tilburg, the Netherlands: ECNC-European Centre for Nature Conservation.

R. Réduction du ruissèlement : les bandes de terre non cultivées autour des champs capturent les excès de fertilisants et de pesticides et empêchent ainsi leur écoulement dans les rivières et fossés.

S. Les fonctions de la structure du sol : Un labour réduit, la présence de résidus de récolte sur le sol et d'autres mesures qui évitent des perturbations inutiles du sol permettent d'accroître la biodiversité dans le sol qui améliorera la structure et l'aération du sol ainsi que la capture et la libération des nutriments.

W. La rétention de l'eau : les terres en végétation le long des rivières et les bosquets agissent comme une éponge qui retient l'eau pendant les crues et la relâche par après régulièrement sur une longue période.

WB. Brise-vent : les éléments du paysage tel que les lignes de haie et d'arbres ainsi que les plantations d'arbres et les vergers réduisent la vitesse du vent ce qui permet de réduire l'érosion et d'éviter que des cultures sensibles soient lacérées par les vents violents. Dans certaines situations, la production agricole est plus élevée près des brise-vents.

3.1.2. Les services de régulation

Ces services sont des bénéfiques obtenus de la régulation des processus des écosystème tels que :



La régulation micro et macro climatique :

les écosystèmes influencent le climat aussi bien à échelle locale qu'à échelle globale. Par exemple, à échelle locale, des changements dans l'occupation du sol peuvent influencer aussi bien les températures et le régime des précipitations. À échelle globale, les écosystèmes peuvent jouer un rôle important dans le climat, soit en séquestrant soit en émettant des gaz à effet de serre.



La régulation de la qualité de l'air :

Les arbres et les autres végétaux jouent également un rôle important dans la régulation de la qualité de l'air, en éliminant les polluants de l'atmosphère qui peuvent être accumulés dans les cultures



Prévention de l'érosion et le maintien de la fertilité des sols :

Le couvert végétal empêche l'érosion des sols et améliore leur fertilité, grâce à des processus biologiques naturels tels que la fixation de l'azote. L'érosion des sols est un facteur clé des processus de dégradation des sols, de déclin de la fertilité et de désertification, qui contribue à la baisse de la productivité de la pêche en aval.

La faune présente dans les sols (comme les vers de terres ou les termites) joue un rôle crucial dans sa formation et sa fertilité.



La régulation de l'hydrologie (étiages et inondations) :

La récurrence et l'importance du ruissellement, des inondations, et la recharge des aquifères peuvent être fortement influencés par les changements dans l'occupation des sols, par des altérations qui peuvent changer le potentiel de stockage de l'eau au niveau de l'écosystème. De telles altérations peuvent être déterminées par la conversion des zones humides ou des forêts en zones agricoles, ou des zones agricoles en zones urbaines.

La purification de l'eau et le traitement des déchets :

Les écosystèmes peuvent apporter des impuretés dans l'eau, mais peuvent aussi aider à filtrer et décomposer les déchets organiques introduits dans les zones humides, les eaux intérieures et les écosystèmes marins.



La pollinisation :

La pollinisation par vecteur animal est un service éco systémique qui est principalement assuré par des insectes, mais également par des oiseaux et des chauves-souris. Dans les écosystèmes agricoles, les agents pollinisateurs sont des auxiliaires indispensables de l'arboriculture fruitière, de l'horticulture et de la production fourragère, ainsi que de la production de semences de nombreux végétaux cultivés pour leurs racines et leurs fibres. Les agents pollinisateurs, comme les abeilles, les oiseaux et les chauves-souris, contribuent à 35% de la production végétale mondiale (Klein et al., 2007). Sur le plan économique, la valeur de la pollinisation pour la production alimentaire humaine est estimée à 153 milliards d'euro (9,5% de la valeur commerciale de la production alimentaire mondiale destinée à l'alimentation humaine) (Programme Alarm, 2006-2009)⁷³.



Pollinisation par les abeilles



Pollinisation par les chauve-souris

73

<http://www.inra.fr/Grand-public/Ressources-et-milieus-naturels/Tous-les-dossiers/Abeilles-pollinisation-biodiversite-pesticides/Abeilles-pollinisation-et-biodiversite>



Pollinisation par les coléoptères

Pollinisation par les papillons
crépusculaires ou de nuit

Figure 2: Exemples de pollinisateurs

Source: <https://www.google.bj/search?q=photos+exemple+d%27insectes+Pollinisateurs&tbn>

Le moindre changement au sein des écosystèmes peut affecter la distribution, l'abondance et l'efficacité de la pollinisation.

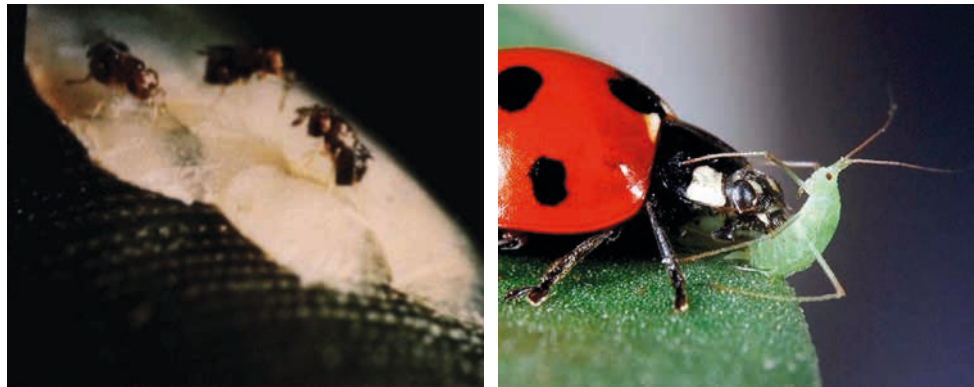


La régulation des ravageurs et des maladies (homme, plantes, animaux) :

Il s'agit de l'activité des prédateurs et des parasites dans les écosystèmes, qui contribuent à la lutte contre les populations d'organismes nuisibles et de vecteurs potentiels de maladies.

C'est sur ce principe que s'appuie la lutte biologique :

Elle est un moyen élégant de réduire les effectifs d'un organisme - animal ou plante - gênant (ou nocif), en le faisant dévorer (ou combattre) par un de ses ennemis naturels. Les insectes sont très présents dans la lutte biologique (LB). D'abord comme cible: contre ravageurs des cultures et vecteurs de maladies, on a recours aux services de bactéries, de champignons, de virus, de nématodes, et surtout d'autres insectes, prédateurs ou parasites. En second lieu donc comme agents de lutte biologique (ou «auxiliaires») pour détruire les insectes ravageurs ou gênants (nuisibles) évoqués ci-dessus - mais aussi des plantes indésirables, envahissant champs ou canaux.



(a) Trichogrammes adultes parasitant des œufs de la Pyrale (cliché INRA Antibes),

(b) Coccinelle dévorant un puceron

Figure 3: Exemples d'agents de lutte biologique

Source : (a) <http://www.inra.fr/dpenv/hawlic16.htm> ;

(b) http://www.univers-nature.com/inf/inf_actualite1.cgi?id=3434

3.1.3. Les services d'auto-entretien (de support/soutien)

La biodiversité sauvage est essentielle au maintien des conditions favorables à la vie sur terre, de par son rôle dans les cycles bio-géo-écologiques des éléments (nutritifs ou non). Elle contribue notamment à :

- (a) l'entretien des équilibres écologiques locaux et globaux,
- (b) la stabilité de la production d'oxygène atmosphérique et du climat global,
- (c) la formation et la stabilité des sols,
- (d) le cycle entretenu des éléments et
- (e) l'offre d'habitat pour toutes les espèces.

Encadré 1 : Exemple de services d'auto-entretien fournis par les haies

La pratique de l'installation de haies brise-vent en agriculture est ancienne afin de protéger les sols et les périmètres maraichers, les cultures, les animaux, les bâtiments, les routes et de sécuriser les concessions champêtres tout en délimitant les superficies.

Des exemples de services support sont, la production d'oxygène atmosphérique, la formation et la rétention du sol, les cycles bio-géo-chimiques, le circuit de l'eau, et l'offre d'habitat et de nourriture notamment aux auxiliaires des cultures. La fourniture d'un espace de vie aux végétaux et aux animaux et la préservation de la diversité des espèces végétales et animales, constituent des «**services de soutien**» et sont le fondement de tous les écosystèmes et de leurs services.



Figure 4 : une haie d'eucalyptus clôturant un périmètre maraicher de Bujumbura (Burundi).
Groupement ATUDI, Butere, Bujumbura- FAO-Projet FBPP/GLO/013/BEL
Source : photo Grégoire Mutshail, 2013

Encadré 2 : Exemple de services d'auto-entretien fournis par les termites

Avec les vers de terre, les termites constituent les principales composantes de la faune du sol dans les zones tropicales. Les termites ont des effets sur les propriétés physiques du sol, sur l'eau du sol et sur la matière organique du sol. Les termites contribuent significativement à la plupart des écosystèmes :

- Ils ont une grande importance dans le recyclage des plantes ligneuses et d'autres matériels végétaux.
- Leurs efforts dans le sol contribuent à l'aération de celui-ci et leur activité conduit à un changement hétérogène et/ou dans la composition et la fertilité du sol. Les sols compacts et endurcis ne peuvent absorber l'eau, par conséquent, ne peuvent supporter une longue vie végétale. Les termites peuvent contribuer à réparer de tels dommages du sol comme démontré dans le Sahel en Afrique.
- Ils contribuent aussi significativement aux gaz atmosphériques. En effet, la production du dioxyde de carbone par les termites est plus prononcée en zone de savane couverte de termitières que dans les zones qui en sont dépourvues (Konaté *et al.*, 2003). Le recyclage du carbone dans les savanes herbeuses, arbustives et arborées en Afrique est fortement influencé par les termites.

Si les termites représentent parfois des sources d'ennuis : obstacles physiques, déprédation des cultures, dégâts dans les habitations, ils jouent un rôle important sur la fertilité des sols tropicaux, sur la structure et la dynamique des écosystèmes ; ce qui peut avoir un impact positif sur la biodiversité et la production agricole.

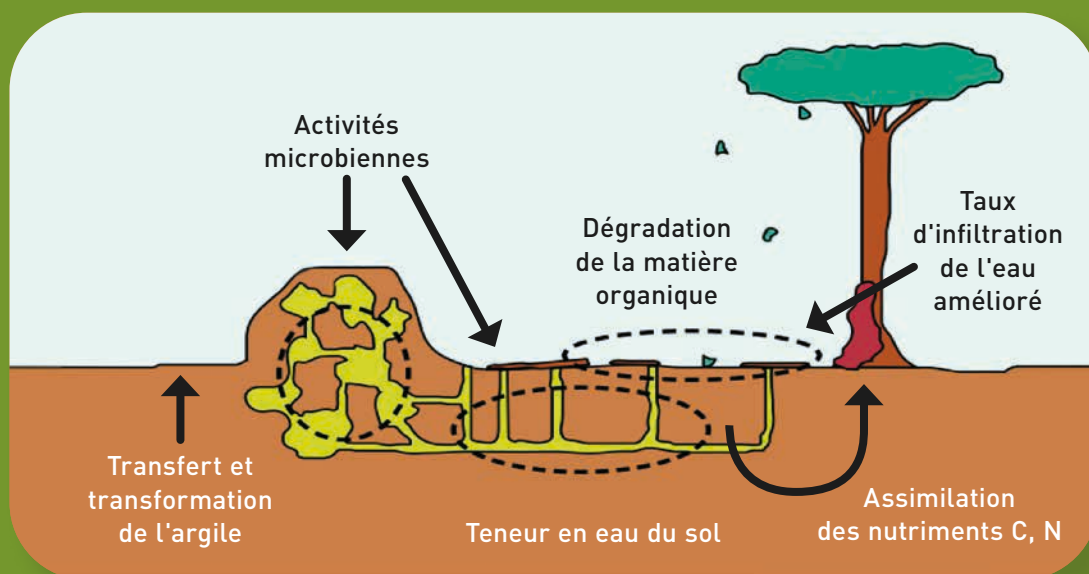


Figure 5: Modèle conceptuel récapitulant le rôle des termites en tant que «ingénieurs de l'écosystème» dans le fonctionnement de la savane de Lamto en Côte d'Ivoire. | Conceptual model summarizing the role of termites as «ecosystem engineers», in the functioning of the Lamto savanna
Source : Konaté et Kampmann (2010)



Encadré 3 : Exemple de service d'auto-entretien fournis par les vers de terre

Les vers de terre sont considérés comme un des maillons essentiels du fonctionnement du sol grâce à leur effet sur la formation, le développement et la fertilité des sols. Ils représentent avec les termites et les fourmis, les principaux groupes de la macrofaune du sol dans les pays tropicaux (Lavelle, 2002).

Les vers de terre sont considérés comme des « ingénieurs de l'écosystème » car ils modifient par leur activité le fonctionnement des sols. On distingue trois situations où ils sont susceptibles de jouer le rôle d'ingénieurs de l'écosystème (Rossi, 1998) :

1. ils modifient la structure du sol et changent de ce fait la porosité, qui constitue une ressource spatiale pour les autres organismes (microfaune, mésofaune) incapables de se déplacer ou de pénétrer les agrégats constitutifs du sol ;
2. ils agissent sur la dynamique de la matière organique, en particulier à court terme, ils participent à la libération d'importantes quantités de nutriments indispensables à la croissance des végétaux ;
3. ils ont une action indirecte sur les flux de matière organique et d'eau dans le sol via les modifications qu'ils induisent sur la structure du sol en participant ainsi à la régulation des flux de ressources pour divers organismes du sol.

La conversion des écosystèmes naturels en systèmes cultivés tend à réduire la densité, la biomasse et la diversité biologique des peuplements de vers de terre. Le retour à la jachère entraîne généralement une augmentation de leur présence et de leur diversité. La présence de certaines espèces comme *Dichogaster baeri* peut potentiellement servir d'indication sur la qualité des sols (Tondoh *et al.*, 2010).

Certaines espèces de vers de terre comme *Eisenia fætida*, *Eisenia andrei* et *Eisenia hortensis* sont utiles dans la fabrication du lombricompost. Par la digestion du compost et autres substances organiques et inertes ils contribuent à enrichir le sol en éléments fertilisants assimilables par les plantes, contribuant ainsi à la fertilité durable du sol, nécessaire au maintien de la biodiversité.



Figure 6 : Spécimens de vers de terre et leurs traces d'activités : 1. *Millsonia omodeoi* ;
2. *Hyperiodrilus afrcanus* ; 3. Turricules massifs et compacts de *Millsonia omodeoi* ;
4. Turricules friables de *Hyperiodrilus afrcanus* ; 5. Spécimen de vers de terre en quiescence
Source : Konaté et Kampmann (2010)

3.2. LA BIODIVERSITÉ DOMESTIQUE

3.2.1. Définition

La biodiversité domestique englobe l'ensemble des espèces domestiquées et des variétés, races utilisées par l'homme. Au fil du temps l'homme a su soumettre les espèces végétales et animales à sa sélection, créant ainsi les variétés dans les différentes catégories de cultures, fruits, de légumes, d'animaux d'élevage, et pratiquement dans toutes les espèces domestiques.

Le processus de domestication a conduit l'homme à maîtriser la reproduction de plusieurs espèces sauvages et à appliquer ses propres critères de sélection. Ces critères peuvent être liés à la production (résistance, qualité, productivité), ou peuvent être culturels (couleur, forme, originalité). En soustrayant ces espèces à la seule sélection naturelle. La sélection naturelle est le processus favorisant l'adaptation des espèces en permettant aux individus les mieux adaptés à leur environnement d'assurer leur reproduction.

Une grande diversité : des centaines d'espèces et des milliers de variétés :



- Légumes
- Fruits
- Racines et tubercules
- Champignons
- Plantes condimentaires et aromatiques (huiles essentielles) et curatives (médicinales)
- Plantes ornementales

Figure 7 : la diversité des espèces horticoles/ fruits et légumes. Atelier de présentation cadre stratégique horticole du Burundi, FAO-Projet FBPP/GLO/013/BEL, Bujumbura - Wilfried Baudoin, 2013

La sélection naturelle explique l'adaptation des espèces à leur milieu, l'homme a lentement constitué des populations distinctes des populations sauvages au moins d'un point de vue phénotypique (aspect extérieur). Si la domestication est ancienne, les populations domestiquées ont parfois pu aller jusqu'à une spécification quasi complète. Ceci signifie que les populations domestiques ne peuvent plus se reproduire avec leur cousin sauvage : les deux populations forment des espèces distinctes.

Au sein d'un champ en production ou d'un verger, on distingue à cet égard trois niveaux de diversité :

1. la diversité interspécifique (ou spécifique) : la plus connue car la plus visible. Elle correspond à la diversité des espèces vivantes.
2. la diversité intra spécifique (ou génétique) : se définit par la variabilité des gènes au sein d'une même espèce, que ce soit entre les individus ou les populations.
3. la diversité intra-variétale : se définit comme la diversité génétique au sein d'une même variété.

Pour l'agriculteur, cette diversité permet de minimiser les risques liés à la monoculture en cultivant différentes espèces et variétés. Elle favorise la stabilité du rendement d'une culture grâce à l'hétérogénéité intra-parcellaire. De plus, certaines espèces peuvent présenter des complémentarités (cultures associées). Plus globalement, cette variabilité fournit une sorte d'assurance contre les conditions adverses futures et représente une réserve de ressources potentiellement intéressantes pour l'avenir (FAO, 1997). Le maintien d'un haut niveau de diversité génétique au sein d'un agroécosystème est donc crucial pour garantir la sécurité alimentaire.

La culture en mélange de variétés ou d'espèces augmente naturellement la protection des cultures, en utilisant les qualités de résistance de chaque plante.

3.2.2. Favoriser la diversité interspécifique



Figure 8 : Association de la culture de maïs et de la carotte, Groupement TWIYUNGE MW'INTERABERE Bugarama – Burundi, FAO-Projet FBPP/GLO/013/BEL photo Grégoire Mutshail, 2013

Il s'agit de cultiver simultanément deux espèces ou plus, sur la même surface, pendant une période significative de leur cycle de croissance (Willey, 1979). L'association de plusieurs cultures est une pratique traditionnelle dans beaucoup de régions tropicales, particulièrement celles d'Afrique.

Les associations peuvent donner plusieurs types d'avantages, comme par exemple les suivants :

3.2.2.1. Réduction de l'utilisation des fertilisants

Dans les associations de cultures céréale-légumineuse, les légumineuses établissent des relations symbiotiques avec des microorganismes du sol de la famille des rhizobiums qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce aux nodules des racines et ainsi d'apporter à la plante une grande partie de ses besoins en azote. Cette faculté, qui est propre aux légumineuses, leur confère lorsqu'elles sont associées à des espèces non fixatrices d'azote comme les céréales la possibilité de mettre en jeu un processus de complémentarité de fixation pour l'azote du milieu. Les gains de rendement observés dans les associations céréale -légumineuses sont souvent attribués à la complémentarité des deux espèces dans l'utilisation des ressources azotées.

Cette meilleure utilisation globale de l'azote contribue aussi à la réduction de la lixiviation et limite la disponibilité en N pour la croissance des adventices.

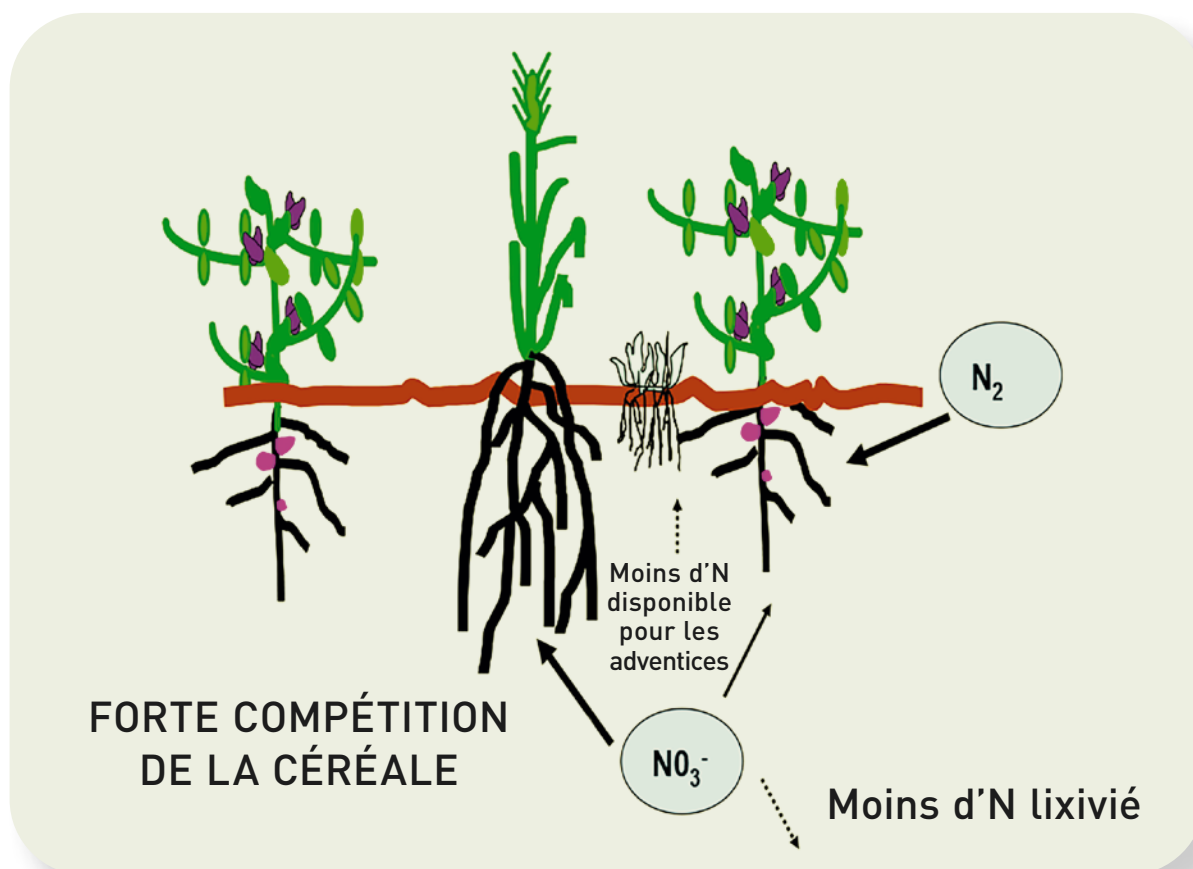


Figure 9 : Schéma des transferts d'N entre légumineuse et céréale

Source : <http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/246508-6e585-resource-article-inra-toulouse-cultures-associees.html>

3.2.2.2. Répulsion et piégeage de nuisibles

Le taux d'attaques d'une plante par les ravageurs est déterminé par de nombreux facteurs, parmi lesquels les défenses de la plante hôte et sa nutrition ont pendant longtemps été considérés comme les plus importants.

Le concept de résistance par association considère que lorsqu'elle est plantée à proximité d'autres plantes, la plante hôte va bénéficier des défenses des plantes voisines. L'association d'une plante sensible et d'une plante résistante pourrait ainsi réduire la densité de ravageurs sur la plante sensible.

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer ce phénomène :

1. Des plantes compagnes moins appétantes pour les ravageurs pourraient rendre l'ensemble de la parcelle moins attractive. Ce mécanisme est celui de la résistance par association de plantes répulsives. Des expériences en champs ont montré que *Myzus persicae* était moins attiré par le chou lorsque celui-ci était entouré de tomate ou de moutarde noire.
2. Des plantes émettant des substances répulsives : C'est aussi l'exemple des Œillets d'Inde (tagetes) de grande valeur pour repousser les insectes qui attaquent la partie aérienne des plantes mais aussi les parasites qui attaquent les racines. Ils possèdent une odeur âcre et piquante que beaucoup d'insectes ne supportent pas : c'est un des meilleurs moyens d'écarter la « mouche blanche » (aleurode), les pucerons et les altises.
3. Des plantes produisant des substances insecticides, herbicides ou nématicides : c'est aussi le cas de Tagetes. Elles contiennent une substance dans les racines qui tue les nématodes qui attaquent les racines de beaucoup de plantes. Le tagetes géant (*Tagetes minuta*) est utilisé contre le chiendent et les autres mauvaises herbes à racines riches en amidon.
4. Des plantes refuges : Plusieurs insectes nuisibles pour les cultures potagères, sont intéressés et attirés par la présence de fleurs qui leurs servent de refuge. Ainsi les légumes et les fruits seront moins infectés. Par contre, d'autres fleurs et plantes aromatiques peuvent éloigner les insectes nuisibles ou renforcer le développement des légumes pour bien lutter contre certaines maladies cryptogamiques (champignons).

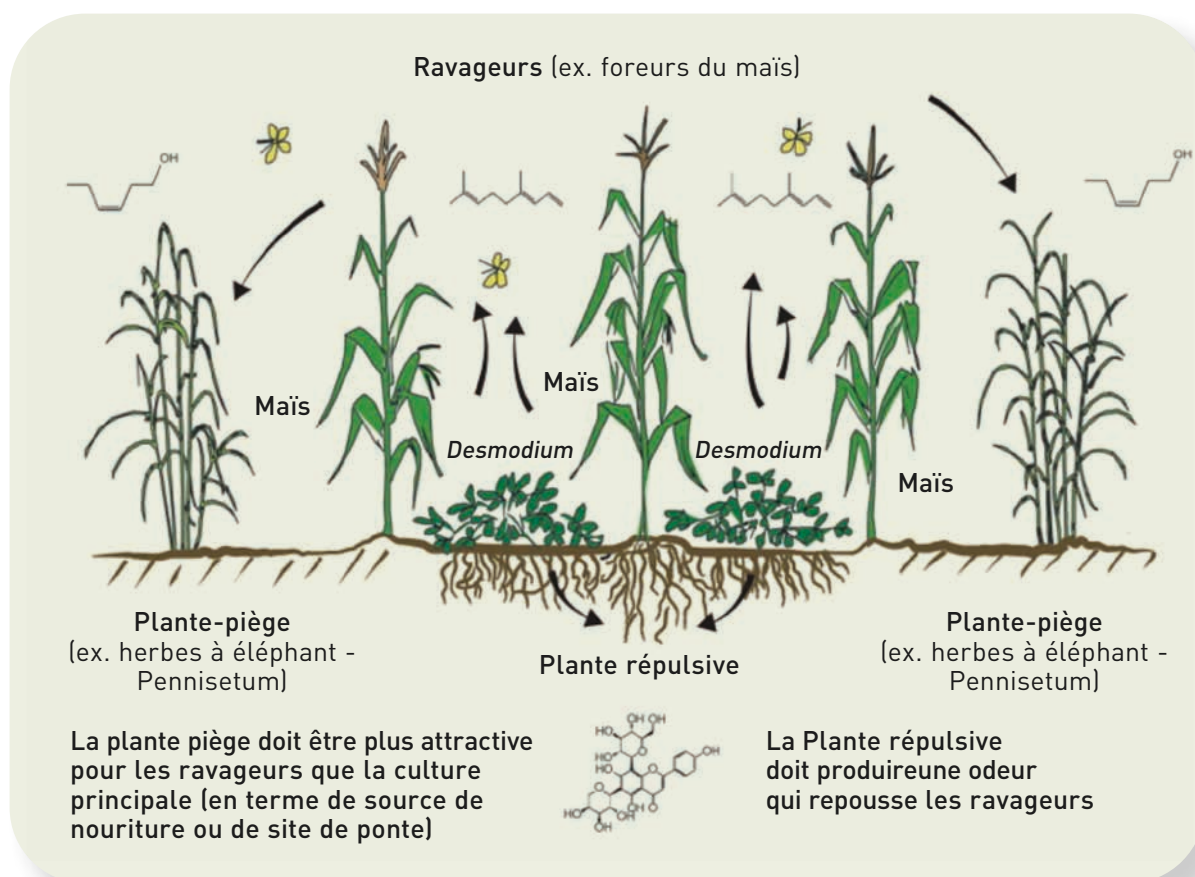


Figure 10 : TECHNIQUE DE « RÉPULSION-ATTRACTION » (PUSH-PULL) en culture du maïs.
La gestion des ravageurs et des maladies en agriculture biologique... TECA - FAO

D'autres informations sur les associations de plantes utiles sont développées au chapitre 4 de ce manuel.

3.2.2.3. Le tuteurage vivant de plante

Certains systèmes de culture associent une plante grimpante nécessitant un tuteurage avec des légumineuses herbacées ne présentant souvent que peu d'intérêt économique direct. Néanmoins, ces légumineuses herbacées jouent un rôle majeur dans le maintien ou la restauration de la fertilité du sol et/ou la gestion de certains parasites (adventices, nématodes,...)

Un des exemples les plus connus est l'utilisation de *Gliricidia sepium* comme tuteur vivant largement décrite (Carsky *et al.* 1998; Budelman and Defør, 2000) et vulgarisée, au Bénin (Doppler *et al.* 2000) et en Côte d'Ivoire (Kouame, 2001; Kouame et Kouao, 2001).

L'utilisation du *Gliricidia* dans la gestion des plantes adventices permet de réduire les adventices dans les zones fortement infestées en mauvaises herbes. Ainsi Kouame et Kouao (2001) montrent que la jachère améliorée au *Gliricidia* permet de passer de quatre à deux sarclages et de réduire la biomasse des plantes adventices par rapport à une jachère naturelle. Le *Gliricidia* aide aussi à :

- diminuer la compétition entre igname et mauvaises herbes grâce au tuteurage,
- accélérer le développement des premiers stades de l'igname et ainsi permettre un recouvrement du sol plus rapide (Budelman, 1989),
- augmenter l'effet d'ombrage et d'étouffement (grâce au paillage des coupes successives) (Kamara *et al.* 2000).



Figure 11 : Tuteurage vivant de l'igname à base de *Gliricidia sepium* après émondage au Centre Bénin
Source : https://agritrop.cirad.fr/533636/1/document_533636.pdf

3.2.3. Favoriser les mélanges intraspécifiques

Pour favoriser les mélanges intraspécifique, il « suffit » de cultiver deux ou plus variétés d'une même espèce sur une même parcelle. L'augmentation de la diversité génétique cultivée intra-parcelle peut stabiliser la production en quantité et en qualité face aux stress biotiques et abiotiques, mais le déploiement d'une diversité de gènes impliqués dans les mécanismes de résistances peut permettre d'améliorer la durabilité de ces gènes (Finckh, 2008). De nombreux travaux ont montré l'impact

pour le contrôle des maladies de la culture en mélange de plusieurs variétés ou génotypes au sein d'une parcelle pour les céréales à paille (Wolfe, 1985; Finckh *et al.*, 2000; Finckh, 2008).

De plus, au-delà de l'effet de la diversité génétique sur la production et la résistance aux maladies, la présence d'une diversité génétique cultivée accrue au sein d'une parcelle pourrait également favoriser l'accueil de biodiversité sauvage associée grâce à une plus grande variabilité des phénotypes présents. Nous présentons deux exemples de recherche sur l'impact de la culture de peuplements de blé génétiquement diversifiés (associations variétales) sur les services écosystémiques suivants: (i) la régulation des populations de pathogènes et (ii) la biodiversité des communautés d'organismes sauvages associés.

3.2.3.1. Régulation des maladies

L'impact de la diversité intra-spécifique sur le développement des maladies bénéficie de nombreuses études, grâce à l'intérêt des phytopathologistes pour les associations variétales, et leur utilisation pour contrôler des épidémies de certains agents pathogènes (champignons et bactéries phytopathogènes). Dans une association variétale, une résistance accrue se manifeste lorsque le mélange comporte une fréquence suffisante de variétés résistantes, du fait de trois mécanismes principaux, illustrés sur les Figures a,b et c (Finckh *et al.*, 2000) :

- Effet de dilution : les plantes sensibles sont en plus faible densité dans la parcelle, ce qui limite l'efficacité de propagation de la maladie.
- Effet de barrière: les plantes résistantes font écran et piègent les spores lors de leur dispersion, protégeant ainsi les plantes sensibles.
- Effet de prémunition : contrairement à une parcelle mono-variétale, qui ne va laisser se développer que les souches aptes à attaquer la variété, un mélange variétal héberge une plus grande diversité de souches, certaines ne se développant que sur quelques constituants du mélange. Lorsqu'une souche attaque une plante, et que cette variété possède les gènes de résistance qui lui correspondent (souche non virulente), alors la plante déclenche différentes réactions de défense, qui la protégeront des attaques ultérieures par des souches virulentes, pour lesquelles elle ne possède pas de gènes de résistance spécifique.

À ces trois mécanismes viennent s'ajouter deux effets supplémentaires (Figures d et e):

- Effet de sélection disruptive : dans une association variétale, un parasite polycyclique (qui effectue plusieurs cycles biologiques sur une année) va passer d'une variété à une autre, et être confronté à des résistances variées, ce qui limitera la sélection d'une souche de forte agressivité.
- Effet de compensation : une variété fortement attaquée par un parasite ne pourra pas se développer correctement (appareil végétatif et racinaire), et l'espace libéré pourra être colonisé par les plantes voisines résistantes, ce qui maintiendra le rendement du peuplement.

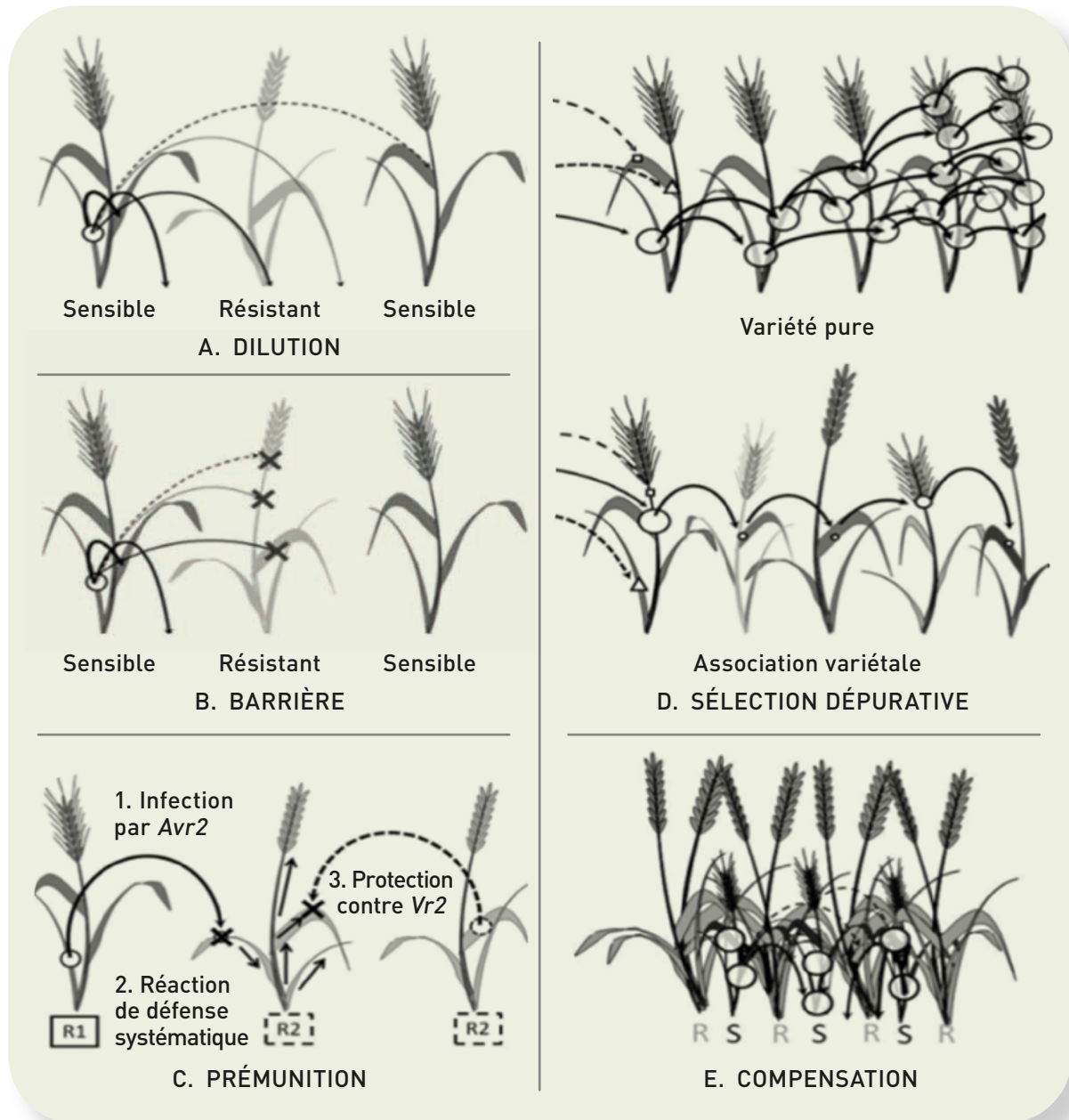


Figure 12: Mécanismes limitant la progression épidémique dans une association variétale
 Source: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01277635>

R = Résistant - S = Sensible

Les flèches, les cercles et les croix représentent respectivement les migrations, les développements et la mort de l'agent pathogène.

Il est important de savoir que si les associations variétales peuvent avoir une forte efficacité dans le contrôle d'agents pathogènes dont l'explosion épidémique nécessite de nombreux cycles de multiplication dans la saison (rouilles oidiums...), d'autres maladies (le mildiou de la laitue,...) ne sont que faiblement affectées par cette diversité génétique.

3.2.3.2. Biodiversité des communautés d'organismes sauvages associés

Il a été montré que le génotype des individus de l'espèce prédominante dans un écosystème donné pouvait influencer la composition de la communauté d'organismes associée (Whitham *et al.*, 2006).

Une expérimentation a été menée en France sur l'étude de la relation entre la diversité génétique et phénotypique d'une culture de blé et la biodiversité des espèces sauvages associées de cette culture à l'échelle de la parcelle. Deux variétés de blé ont été semées sur une même parcelle. Ces différences génétiques se sont bien traduites par des différences très significatives de diversité phénotypique notamment au niveau de l'architecture des plantes et de la phénologie (Chateil *et al.*, 2013). Cependant aucune réponse à cette diversité semée n'a été détectée pour les plantes sauvages. Deux explications possibles :

1. soit qu'elles ne soient pas sensibles à la diversité de l'espèce cultivée ;
2. soit que leur réponse ne soit pas détectable aux échelles temporelles et spatiales de l'expérience.

En revanche, plusieurs taxons d'arthropodes (collemboles, araignées, carabes prédateurs) sensibles à l'architecture de la végétation ont montré une réponse positive à la diversité génétique (et/ou phénotypique) du blé, avec des communautés plus diverses dans le mélange que dans la variété pure.

3.2.4. Favoriser la diversité intravariétale

La diversité intra-variétale est la diversité observée à l'intérieur d'une même variété. La sélection moderne a favorisé la constitution de variétés animales ou végétales tendant vers un modèle «clonal» au sein duquel tous les individus sont identiques. Cette homogénéité inspirée du modèle industriel rend ces variétés extrêmement sensibles à l'apparition de maladies nouvelles (notamment les champignons cryptogamiques) ou aux aléas climatiques.

La diversité intravariétale est souvent élevée au niveau des variétés traditionnelles qui conservent une base génétique leur permettant de résister aux divers stress environnementaux comparativement aux variétés améliorées (Joshi *et al.*, 2018). Ces variétés traditionnelles sont appelées des variété-populations, visent à éviter la dérive clonale et à maintenir une diversité interne à la variété qui lui assure une plus grande résilience et une meilleure capacité adaptative, notamment dans la perspective du changement climatique. Les variété-populations sont généralement produites dans le cadre de la sélection paysanne, dite aussi participative.

Chez les plantes à fécondation croisée, la diversité intravariétale est facilement observable. Par contre, la variabilité génétique au sein de culture qui se reproduit par multiplication végétative comme l'igname, la banane, les patates est faible. Chez le raisin dont les semences sont obtenues par propagation végétative donc par voie asexuée, des mutations somatiques spontanées pourraient créer de nouveaux allèles et être à l'origine de nouveaux phénotypes (Savino *et al.*, 2017).

3.3. LA BIODIVERSITÉ PAYSAGÈRE

3.3.1. Définition

Le mot paysage désigne communément une étendue que l'œil embrasse d'un seul regard et qui présente une unité pour l'esprit humain. La végétation y est organisée en grandes masses (densité des arbres et des buissons, herbe rase ou haute...). Pour les scientifiques, le paysage est un niveau de description intermédiaire entre l'habitat et l'écosystème. Il correspond à un territoire composé d'une mosaïque d'habitats qui ont entre eux des relations fonctionnelles : les rapaces vivant dans les haies (un habitat) chassent les rongeurs qui vivent dans les prairies voisines (un autre habitat). Un paysage résulte des interactions entre des facteurs naturels et des aménagements humains, qui lui donnent sa physionomie propre.

D'un point de vue fonctionnel, l'hétérogénéité du paysage contribue significativement aux services de régulation et d'auto-entretien rendu par la biodiversité. L'homogénéisation du paysage conduit en fait à une banalisation des communautés par diminution des espèces rares et augmentation des espèces communes. Cette dynamique dépend de l'histoire du paysage et en particulier de la vitesse des changements.

Parmi les éléments d'un paysage, on retrouve différents éléments comme :

- Les zones de production : parcelles, pâturages, jachères, etc.
- Les zones naturelles/sauvages : forêts, cours d'eau, retenues d'eau, etc.
- Les zones intermédiaires comme les haies, bandes enherbées, bandes fleuries, etc.
- Les zones urbanisées : route, habitats, etc.

Dans la suite de cette section, nous traiterons uniquement les zones intermédiaires directement au contact avec la zone de production et contrôlée par le producteur.

3.3.2. Bandes enherbées

Les bandes enherbées offrent différents services de régulation, d'auto-entretien mais aussi d'approvisionnement au producteur :

1. **Purification de l'eau** : Installée en bordure de champs et le long des cours d'eau, elles limitent la pollution par les engrais et les pesticides en épurant les eaux de ruissellement, en piégeant les matières en suspension (la boue) et en facilitant l'infiltration puis la dégradation des herbicides et des insecticides (l'efficacité est de 62% pour une bande large de 6 mètres et de 88% pour une bande large de 18 mètres). Elle assure ainsi le maintien de la qualité de l'eau pour la faune aquatique (poissons, crustacés, etc.) mais aussi pour les usages domestiques (consommation, lessive, bains, etc.).
2. **Lutte contre l'érosion** : Les bandes enherbées sont implantées le long des courbes de niveau pour freiner les eaux de ruissellement, augmenter l'infiltration et retenir les sédiments. Elles jouent ainsi un rôle contre l'érosion. De plus, contrairement aux ouvrages mécaniques (cordons, diguettes), les bandes enherbées grandissent avec la sédimentation, ce qui maintient l'effet de rétention d'eau.

3. **Ressource fourragère, matériau de construction** : Des herbacées locales (p.ex. *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon schœnateus*, *Vetivera nigriflora*) sont semées ou des souches (plantules) sont plantées au début de la saison humide. Le choix des herbes se fait en fonction des utilisations recherchées par les paysans (pailles, foin, confection des nattes, toitures des cases, construction de greniers en paille, balais etc.) (GIZ, 2012). Dans les zones d'embouche bovine et ovine, la végétalisation des bandes en plantes fourragères peut augmenter l'intérêt et l'acceptation de la mesure. Il est recommandé de combiner les bandes enherbées avec la régénération naturelle assistée en ligneux ou avec des arbres plantés.

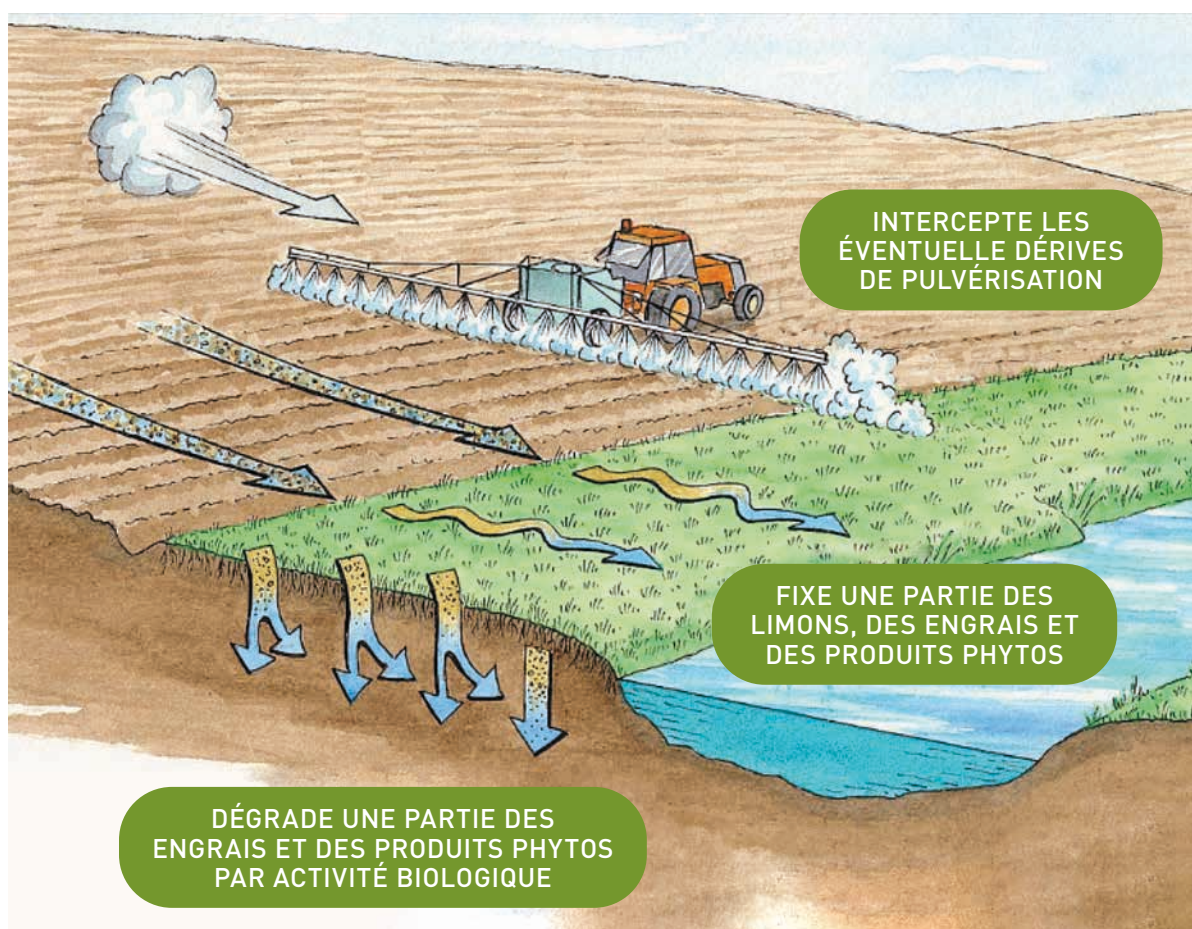


Figure 13: rôle des bandes enherbées autour des cultures

Source: Dessin extrait de la brochure «Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers» de Dominique Soltner - www.soltner.fr



Figure 13: Les «bandes enherbées» protègent l'eau et jouent éventuellement un rôle important de corridor biologique

Source: <http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/VI.Lutte.html>

Plus d'informations sur les bandes enherbées sont disponibles au chapitre 4 de ce manuel.

3.3.3. Haies et bosquets

Les haies, les bosquets, les alignements et les arbres isolés font partie des éléments principaux qui composent et structurent nos paysages. Ils participent à la création de paysages divers et variés. Mais leurs avantages et utilités ne s'arrêtent pas au simple plaisir visuel. Les éléments arborés jouent de nombreux rôles dans le bon fonctionnement, l'aménagement et le développement de nos territoires.

La haie est un réservoir végétal et animal où se crée un équilibre écologique entre les différentes espèces. Ainsi, la diversification des haies permet de favoriser la présence des oiseaux et des insectes utiles.

Pour les espèces animales sauvages, les haies jouent un rôle :

- pour l'alimentation : chaînes alimentaires maillées en réseau (baies, plantes, insectes, oiseaux, carnivores),
- pour la reproduction : nidification, ponte et élevage des jeunes,
- pour le refuge : protection et habitat,
- pour la mobilité : échange entre population à travers les corridors.

Les haies ont également de nombreux intérêts pour le producteur

| | |
|----------|---|
| Sol | L'amélioration de la fertilité des sols : limite l'érosion et augmente le rendement des cultures. L'amélioration de l'ameublissement (au niveau des racines) et limite l'assèchement du sol. |
| Eau | La préservation de la ressource en eau : évite le ruissellement, favorise l'infiltration et le stockage d'eau. La préservation de la qualité de l'eau par la dégradation des résidus organiques et des produits phytosanitaires grâce à l'activité biologique. |
| Insectes | La pollinisation : la haie est favorable au développement d'une flore variée, ce qui permet le développement des insectes pollinisateurs. Le contrôle des bio-agresseurs : zone de refuge et d'alimentation pour les auxiliaires des cultures (coccinelles, syrphes, chrysopes, carabes...). |
| Autres | La protection contre des animaux domestiques en divagation. La sécurisation foncière des champs. |

Outre ces avantages, les haies assurent un service d'approvisionnement :

- La production de bois : Chauffage, piquets, plaquettes, BRF (Bois Rameaux Fragmentés).
- La production de fruits, fleurs et légumes.

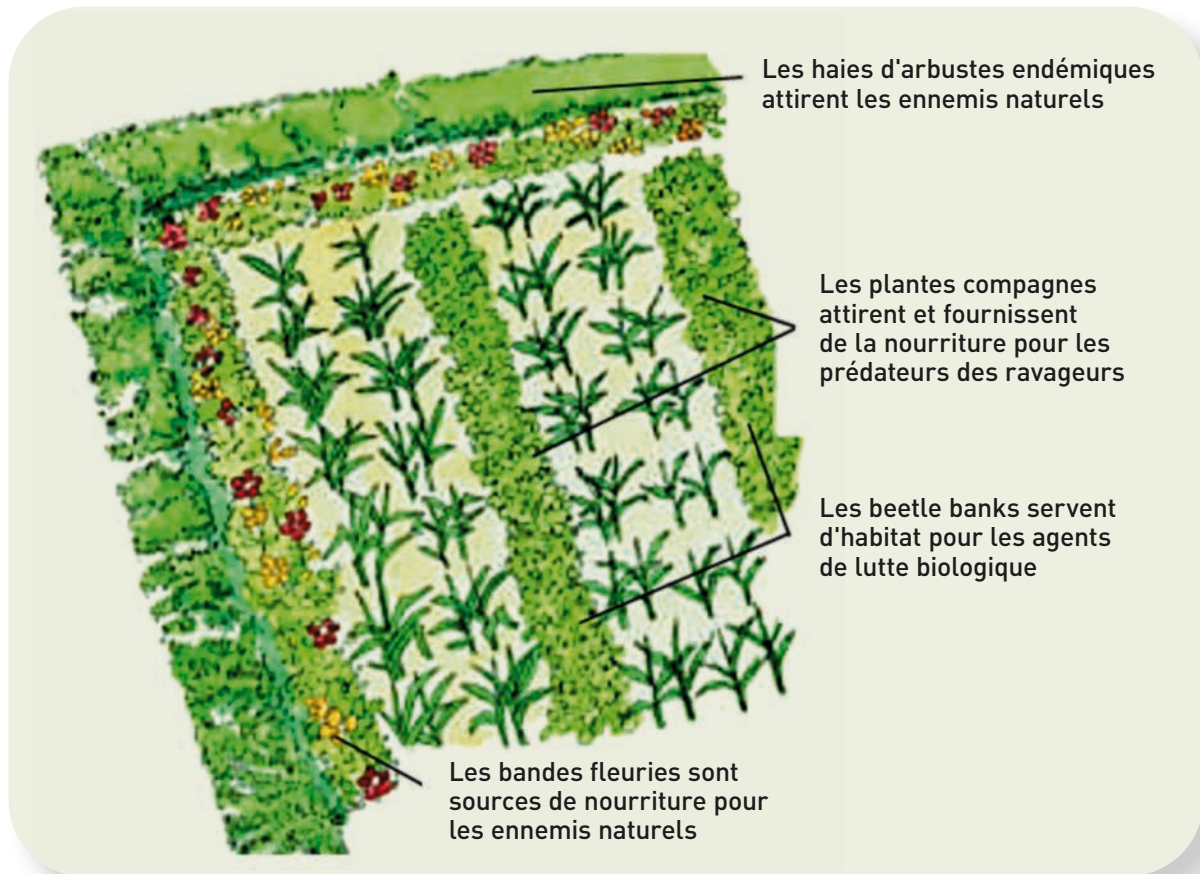


Figure 14: La fonction des haies dans le contrôle des ravageurs et des maladies
 Source: TECA-FAO – <http://www.fao.org/teca/fr/about>

Plus d'informations sur les haies et bosquets sont disponibles au chapitre 4 de ce manuel.

3.3.4. Bandes Fleuries

Une bande fleurie est composé majoritairement de plantes à fleurs vivaces, herbacées ou ligneuses, pouvant être situées, par exemple en bordure de boisés, de haies, de champs et de fossés. C'est une des sources de nourriture abondantes et diversifiées des insectes bénéfiques dites amis des producteurs comme les pollinisateurs et les ennemis naturels des ravageurs (prédateurs et parasitoïdes).

Les bandes fleuries favorisent la biodiversité et améliorent le milieu de production car:

1. Elles attirent les insectes pollinisateurs (abeilles, papillons, etc.) qui assurent la reproduction des plantes et de la production de la plupart des fruits et légumes. Selon la FAO (2016), environ 1/3 des aliments que nous mangeons dépendent directement de ces insectes !
2. Elles abritent des ennemis des nuisibles ravageant les cultures. De ce fait l'agriculteur peut réduire son utilisation des produits phytosanitaires.
3. Elles enrichissent aussi la terre en engrais vert, par l'apport des réserves de nutriments issus des fleurs aux sols.
4. Elles permettent également la protection de l'érosion.

L'installation des bandes fleuries doit être soigneusement pensée pour attirer les insectes auxiliaires et pollinisateurs des cultures installées à proximité.

Une bande fleurie n'est pas si simple à installer, pour peu qu'on souhaite utiliser des espèces un peu exigeantes et sensibles à la concurrence. Plusieurs espèces peuvent être utilisées comme *Achillea millefolium* qui attire les punaises, les coccinelles et les syrphes; *Pastinaca sativa* qui attire les coccinelles. Une liste des espèces conseillées peuvent être consultée sur le site :

<http://arena-auximore.fr/wp-content/uploads/2014/10/Annexes.pdf>.

Voir aussi le chapitre 4 de ce manuel pour plus d'informations.



Figure 15: La bande fleurie au bord des champs

Source: <http://www.protectiondescultures.info/Agriculteurs/Les-bords-de-champs-preserver-la-biodiversite>

Plus d'informations sur les bandes fleuries sont disponibles au chapitre 4 de ce manuel.

3.4. LIENS ENTRE LA BIODIVERSITÉ ET LES AUTRES ÉLÉMENTS

3.4.1. Liens entre biodiversité agricole et l'eau

Un point d'eau constitue un écosystème original à la frontière des mondes aquatique et terrestre. Parfois d'origine naturelle mais le plus souvent créé par l'Homme, il constitue un important réservoir de biodiversité. Sa faible profondeur (moins de 2 m) permet à toute la hauteur d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire et aux plantes de s'enraciner sur tout le fond. La végétation et le sol sont particuliers et témoignent de la présence d'eau au moins durant une partie de l'année. Alimenté par les eaux de pluie et de ruissellement ou les nappes phréatiques, un point d'eau peut être permanent ou au contraire, totalement s'assécher en saison sèche. Il est alors qualifiée de temporaire.

Tous ces habitants dépendent autant du point d'eau que des petits éléments du paysage adjacents. Le point d'eau doit donc s'insérer dans un réseau de haies, de bords de chemins, de prairies ou de bandes enherbées fauchées tard dans la saison. Les fossés et bords de champs présentant une végétation spontanée permettent à la faune de circuler d'un point d'eau à un autre ou de s'alimenter.



Figure 16: une mare de Kilobelobe réservoirs de la biodiversité et de l'eau d'irrigation. Groupement des maraichers de Kilobelobe Lubumbashi, R.D. Congo, FAO- Projet GCP/DRC/028/BEL photo Grégoire Mutshail, 2006

En plus de leur fonction de réservoir de biodiversité, les mares agricoles ont de nombreuses autres fonctions :

- Domestiques (stockage d'eau, réserve à incendie, vivier à poissons pour se nourrir).
- Agricoles (abreuvoir, rouissage du manioc, irrigation, etc.).
- Filtres épurateurs de l'eau grâce à leur végétation qui puise sa nourriture dans l'eau (nitrates, phosphates, etc.).
- Véritables « éponges », elles participent à la régulation des crues et à la recharge des nappes phréatiques. La récurrence et l'importance du ruissellement, des inondations, et la recharge des aquifères peuvent être fortement influencés par les changements dans l'occupation des sols, par des altérations qui peuvent changer le potentiel de stockage de l'eau au niveau de l'écosystème.
- Freins à l'écoulement des eaux de surface, ces points d'eau participent à la limitation de l'érosion des terres agricoles.

Enfin, les mares améliorent le cadre de vie général en facilitant l'intégration paysagère des bâtiments agricoles et en ornant les fermes.

3.4.2. Liens entre biodiversité agricole et le sol

Un sol contient plusieurs milliers d'espèces animales et plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'espèces bactériennes et de champignons. La quantité d'organismes vivants présents dans le sol d'une prairie permanente peut représenter 1,5 tonne par hectare de faune du sol, 2,5 tonnes par hectare de bactéries et 3,5 tonnes par hectare de champignons.

Le sol et ces microorganismes rendent d'innombrables services à l'agriculteur :

- maintien de la structure du sol,
- régulation des processus hydrologiques du sol,
- échanges de gaz et séquestration du carbone,
- détoxification des sols,
- cycle des éléments nutritifs,
- décomposition de la matière organique,
- suppression des ravageurs, des parasites et des maladies,
- sources de nourriture et de médicaments,
- relations symbiotiques et non symbiotiques avec les plantes et leurs racines,
- contrôle de la croissance des plantes (renforcement et suppression).

Toute diminution de la biodiversité des sols va entraîner une réduction de ces services.

Outre le cas bien connu des légumineuses fixatrices d'azote, il a, par exemple, été démontré dans de nombreuses cultures céréalières que le champignon *Fusarium oxysporum* (identifié au Burkina Faso, au Mali et au Niger), transmis par le sol, est très efficace contre la mauvaise herbe des sorcières, ou striga (*Striga hermonthica* et *S. asiatica*). D'autres espèces de *Fusarium* (*F. nygamai*, *F. oxysporum* et *F. solani*), trouvées au Soudan et au Ghana, sont également très efficaces. Ce champignon, peut être potentiellement utilisé par tous les agriculteurs à l'avenir afin de réduire les besoins en herbicides chimiques.

Comment favoriser les organismes du sol bénéfiques à l'agriculture? Plusieurs facteurs liés aux techniques agricoles peuvent influencer la biodiversité d'un sol⁷⁴. Parmi ceux-ci :

- Le labour : il a été démontré que le labour perturbait la faune du sol et entraînait à la longue une réduction de la biodiversité. Une réduction de cette pratique, voir même un abandon de celle-ci pour une culture sans labour serait bénéfique au sol.
- La jachère à nu : la mise à nu des sols est extrêmement défavorable pour sa biodiversité. La couverture des sols pendant la période de jachère est fortement recommandée pour réduire le risque d'érosion et favoriser la faune du sol.
- L'utilisation d'engins lourds : cela induit une compaction du sol et une destruction de sa porosité défavorable à la biodiversité de celui-ci.
- L'utilisation de produits phytosanitaires : les pesticides ne tuent pas uniquement les ravageurs et maladies des cultures mais aussi des organismes utiles du sol.
- La diversité des productions : il a été prouvé les cultures végétales sont les plus faibles sont les moins favorable pour la vie du sol.
- Certains modes de cultures tendent déjà à réduire ces pratiques. Ils sont détaillés à la fin de ce chapitre.

74 Vous trouverez plus de détails dans le manuel du COLEACP «Gestion durable des sols».

3.4.3. Liens entre biodiversité agricole et le changement climatique

Reliées par les cycles du carbone, et de l'eau de la terre, les dynamiques de la biodiversité agricole et du climat ont des relations interdépendantes en équilibre fragile nourri aux échelles locales et mondiales. Ainsi, le climat est à l'origine de la diversité biologique actuelle tandis que cette biodiversité participe à la régulation du climat (fixation du CO₂, un des principaux gaz à effet de serre, rétention des eaux, brise-vent, etc.).

La diversité des écosystèmes actuels est en grande partie liée au climat et aux changements que la terre a connus au cours de son histoire, y compris les précédents effondrements de biodiversité, et qui ont permis aux espèces animales et végétales de tisser des liens et d'évoluer ensemble pour s'adapter aux milieux dans lesquels elles vivent. (MEA, 2005). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, <http://www.teebweb.org/>.

D'après l'**indice de vulnérabilité au changement climatique de 2015**, sept des dix pays les plus menacés par le changement climatique sont en Afrique.

Pour pallier aux effets et impacts nocifs du changement climatique, seule la promotion de la biodiversité au niveau agricole pourra jouer un rôle indispensable pouvant proposer les activités alternatives pratiques d'atténuation appuyant la biodiversité aux champs ou à la ferme.

Aussi, pour réduire les impacts négatifs des changements climatiques et améliorer sa résilience, l'agriculteur développe des stratégies d'adaptation comme le changement d'espèce cultivée et des stratégies d'atténuation (comme planter une haie qui va fixer du CO₂)⁷⁵.

Parmi les stratégies d'adaptions possibles, la conservation *in situ* et *ex situ* des ressources génétiques des cultures et du bétail est essentielle au maintien de choix pour les futurs besoins agricoles. La disponibilité et l'accessibilité de semences de bonne qualité sont essentielles pour renforcer la résilience des systèmes de production alimentaire face aux aléas et à d'autres chocs.

La conservation *in situ* de la diversité biologique agricole consiste à assurer la gestion d'un vaste éventail de cultures par les cultivateurs situés dans l'écosystème où la culture a évolué. Elle permet le maintien des processus d'évolution et d'adaptation des cultures à leur environnement. La diversité génétique est également conservée « *in situ* » dans les jardins de case et les jardins familiaux comme la montre la figure ci-après.

75 Pour plus d'explications, voir le manuel de formation du COLEACP «Agriculture, santé et environnement».



Figure 17: Jardin da case comportant une diversité de plantes (Gbedomon *et al.*, 2015)

La conservation *ex situ* consiste à conserver les espèces à l'extérieur de leur habitat naturel, comme par exemple dans des banques de semences et des serres.

3.4.4. Liens entre la biodiversité agricole et l'indication de la fertilité des sols

Plusieurs espèces végétales sont reconnues, aussi bien par la recherche que par les paysans, indicatrices de l'appauvrissement ou de la fertilité d'un sol. Par exemple, l'invasion des champs par le chiendent (*Imperata cylindrica*) en zone tropicale est signe de dégradation de la fertilité des sols.

Dans une recherche participative menée au Cameroun, M'Biandoun *et al.* (2006) ont identifié plusieurs espèces indicatrices des sols fertiles et dégradés qui sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau : Espèces indicatrices par types de sol (M'Biandoun et al. (2006))

| Terroirs | Espèces indicatrice de sols fertiles | Espèces indicatrice des sols dégradés |
|-----------|--|---|
| Mafakilda | <i>Tribulus terrestris</i> Linnaeus <i>Amaranthus graecizans</i> Linnaeus <i>Indigofera hirsuta</i> Linnaeus <i>Portulaca oleracea</i> Linnaeus | <i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich <i>Celosia argentea</i> Linnaeus <i>Digitaria argillacea</i> (Hitchcock et Chase) Fernald <i>Kyllinga tenuifolia</i> Steudel |
| Fignolé | <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. & Thonn.) Leon <i>Brachiaria lata</i> (Schum.) C.E. Hubb. <i>Amaranthus spinosus</i> Linnaeus <i>Waltheria indica</i> Linnaeus | <i>Panicum pansum</i> Rendle <i>Eragrostis turgida</i> (Schum.) de Wild. <i>Commelina subulata</i> Roth <i>Portulaca oleracea</i> Linnaeus |
| Gadas | <i>Celosia argentea</i> Linnaeus <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn <i>Chrysanthellum americanus</i> (L.) Vatke <i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr | <i>Hibiscus asper</i> Hook. f <i>Cassia mimosoides</i> Linnaeus <i>Indigofera hirsuta</i> Linnaeus <i>Chloris pilosa</i> Schum |
| Mowo | <i>Indigofera dendroïdes</i> Jacq. <i>Cyperus amabilis</i> Vahl <i>Ageratum conyzoides</i> L. Subsp. <i>conyzoides</i> <i>Cucumis melo</i> L. Var. <i>argrestis</i> Naud. | <i>Crotalaria retusa</i> Linnaeus <i>Cassia mimosoides</i> Linnaeus <i>Physalis micrantha</i> Link <i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn |

3.4.5. Liens entre la biodiversité et l'agritourisme

3.4.5.1. Définition

L'agritourisme ou agrotourisme, aussi parfois assimilé au tourisme agricole ou encore au tourisme à la ferme, est une forme de tourisme dont l'objet est la découverte des savoir-faire agricole d'un territoire, et par extension des paysages, des pratiques sociales et des spécialités culinaires découlant de l'agriculture. Cette activité permet de générer un développement économique plus ou moins marqué pour les territoires et les agriculteurs concernés.

3.4.5.2. Attrait touristique des paysages agricoles

Sur tous les continents, la diversité des espèces et variétés végétales cultivées et des races d'élevage s'est développée grâce aux paysan(n)els, qui ont su adapter les plantes et les animaux à des objectifs de sélection toujours renouvelés, à des sites différents et à des conditions climatiques changeantes, à des productions diverses et à leurs préférences individuelles. Pour la moindre parcelle de terre, ils trouvaient ainsi une variété ou une race capable de s'acclimater. Ces modes d'exploitation extrêmement variés ont donné naissance à des paysages ruraux diversifiés. Le paysage agricole perd de nos jours de plus en plus sa diversité à cause des

pratiques agricoles comme la monoculture. Pour endiguer cette érosion génétique et faire perdurer l'exploitation de variétés et races anciennes, il est nécessaire de trouver des incitations pour encourager les paysans à la conservation in situ. L'agrotourisme étant fortement associé à la qualité des paysages et à la richesse de la biodiversité, peut être une solution.

3.4.5.3. Conditions préalables de développement de l'agrotourisme

Une série de conditions doivent être satisfaites pour que l'agrotourisme puisse se développer, dont les suivantes :

- Un paysage naturel largement préservé ou de petits paysages agricoles richement structurés. Les grandes monocultures présentent peu d'attrait.
- Outre la beauté du paysage proprement dit, il doit aussi y avoir des attractions culturelles, historiques ou naturelles.
- Un bon réseau de communications, car même des régions très attrayantes ne peuvent attirer les touristes si elles ne sont pas rattachées à des centres aisément accessibles.
- Une certaine infrastructure doit exister, par ex. des facilités de transport, d'hébergement et de restauration.
- Une situation politique stable sans laquelle même les sites les plus attrayants ne peuvent attirer les touristes.
- Une acceptation auprès de la population locale, sans laquelle le tourisme ne peut être une réussite.

Encadré 3 : Exemple du Centre Songhaï : le siège de l'agrotourisme béninois

Au cœur de la capitale politique du Bénin, la ville de Porto-Novo, le centre Songhaï sert de ferment à la verdure. Songhaï est le nom d'une ferme bio créée à Porto-Novo par un prêtre dominicain américain d'origine nigériane, Godfrey Nzamujo. Les fermes de Songhaï offrent un modèle de développement autonome et rentable découlant d'une utilisation intelligente des ressources. Aller au centre Songhaï, c'est être au cœur d'une biosphère dans laquelle rien ne se perd, tout se transforme. Fonctionnant en totale autonomie, des centaines d'employés y élèvent des poules et des poissons, vendent des œufs, cultivent de l'ananas, produisent de l'engrais naturel et fabriquent des outils industriels. Les fientes de poules sont transformées en bio-gaz qui alimente les cuisines du centre. Les matières végétales et les déchets organiques sont recyclés en compost et lombricompost, ressources renouvelables pour la gestion durable de la fertilité des sols, essentielle à la conservation de la biodiversité.

Les pièces détachées des engins agricoles sont réutilisées pour la fabrication d'ingénieuses machines. Les eaux usées sont filtrées grâce à des jacinthes. Songhaï est désigné « **centre d'excellence pour l'agriculture** » par les Nations Unies. Donnez rendez-vous à la nature en allant au centre Songhaï.



© Laura Wauters

Centre Songhaï : recyclage des plastiques



© Laura Wauters

Centre Songhaï : lombriculture



© Laura Wauters



© Laura Wauters

Centre Songhaï : Valorisation de la biodiversité dans les pratiques cultures
mais aussi pour le recyclage des eaux usées

Plus d'informations : <http://www.songhai.org>

Source : https://www.youtube.com/watch?v=TJMb_jqPlm8&feature=youtu.be



3.4.6. Liens entre la biodiversité et la subsistance des populations

La biodiversité est un soutien aux moyens de subsistance des populations. La biodiversité agricole cultivée permet d'avoir des produits agricoles diversifiés et participe à la diversification des sources de revenu des producteurs. Les variétés les plus résistantes à la sécheresse par exemple sont cultivées pour faire face aux contraintes d'irrégularité et d'insuffisance des pluies. La diversité variétale permet également de contrôler les adventives. Les cultures de grande taille et les variétés à feuilles larges permettent de mieux concurrencer les mauvaises herbes que les variétés de petite taille à feuilles étroites. Certaines variétés inhibent et font disparaître les mauvaises herbes tandis que d'autres les tolèrent. Par exemple, le striga (*Striga* sp.) est une mauvaise herbe qui pose de nombreux problèmes en Afrique. En présence de striga, il est donc recommandé de semer des variétés de maïs ou de niébé qui sont résistantes et compétitives face au striga, sinon il n'y aura pas ou peu de rendement.

Les forêts, avec leur riche biodiversité, sont essentielles à la subsistance de l'Homme et au développement durable. Par exemple, le bois est la principale source d'énergie pour le chauffage et la cuisson pour environ 2,6 milliards de personnes. La Banque mondiale estime que les forêts contribuent directement à la subsistance de près de 90 % des 1,2 milliards de personnes vivant dans l'extrême pauvreté. L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire révèle que près de 300 millions de personnes, pour la plupart très pauvres, dépendent essentiellement des services des écosystèmes forestiers pour leur subsistance et leur survie. De nombreux produits forestiers non ligneux issus de la biodiversité forestière, tels que le cacao sauvage, le miel, les résines, les noix, les fruits, les fleurs, les graines, le rotin, les champignons, la viande et les baies sauvages sont essentiels pour l'apport en nourriture, en médicaments et matériaux de construction utilisés par les communautés locales et autochtones afin de maintenir leur mode de vie, incluant leur culture et traditions religieuses ou spirituelles.

3.4.7. Liens entre la biodiversité et la santé

La biodiversité est essentielle pour la vie quotidienne, fait qui n'est pas toujours évident ou apprécié à sa juste valeur. La santé dépend finalement des produits et des services de l'écosystème (par exemple, la disponibilité de sources d'eau douce, de nourriture et de carburant) essentiels pour être en bonne santé et mener une vie productive. La perte de biodiversité peut avoir des conséquences directes non négligeables sur la santé si les services de l'écosystème ne répondent plus aux besoins de la société.

De nombreuses communautés utilisent, à des fins médicales et culturelles en plus de la nourriture, des produits naturels provenant de l'écosystème. Bien qu'il existe des médicaments synthétiques pour de nombreux usages, les produits naturels restent utilisés comme produits médicaux ou pour des travaux de recherche biomédicale sur des plantes, des animaux ou des micro-organismes, destinés à mieux comprendre la physiologie humaine et à mieux connaître et traiter les maladies. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 80 % environ de la population vivant dans la région africaine recourent à la médecine traditionnelle pour leurs besoins en soins de santé.

3.4.8. Liens entre les modes de cultures et la biodiversité

Les techniques d'agriculture intensive comme les labours profonds et fréquents, l'usage intensif d'engrais et de pesticides, les incendies, etc. réduisent la biodiversité et perturbent les équilibres naturels des écosystèmes.

C'est pourquoi ces dernières années, nous avons observé l'émergence de systèmes alternatifs de production respectueux de l'environnement, permettant de maintenir, voire de restaurer la fertilité du sol préservant et valorisant la biodiversité, tout en améliorant le rendement. Les systèmes alternatifs de production concernent entre autres l'agroforesterie, l'agriculture de conservation, la permaculture, l'agroécologie et l'agriculture climato-intelligente⁷⁶.

3.4.8.1. L'agroforesterie

L'agroforesterie est un système de gestion des ressources qui est dynamique, écologique et naturel et qui, par l'intégration des arbres dans le paysage, permet une production durable et diversifiée, procurant au paysan des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux accrus (Leakey, 1996). Elle n'est pas une nouvelle mode ni une façon révolutionnaire de pratiquer l'agriculture. À dire vrai, c'est plutôt l'une des plus anciennes méthodes de production agricole, mais elle fut reléguée aux oubliettes pendant un certain temps à cause de l'intensification de l'agriculture moderne (Nair, 2007). L'agroforesterie est pratiquée depuis des siècles en Afrique, en Amérique Latine, en Chine, en Inde et en Europe (Zou et Sanford, 1990; Nair, 1993).

L'arbre agroforestier jalonnant la parcelle cultivée, l'arbre agroforestier intraparcellaire permet de diluer les ressources alimentaires, les habitats et les zones de circulation à travers l'espace cultivé. Accompagné d'une bande enherbée constituée de diverses espèces: poacées (graminées), fabacées (légumineuses), astéracées, etc., il offre une diversité de niches écologiques. Les premières années après la plantation, l'arbre étant encore jeune, c'est cette strate herbacée qui va offrir le gîte et le couvert à la faune sauvage et auxiliaire et qui leur servira de corridor.

Par son « effet de lisière », la haie offre une multitude de conditions de vie dont la faune profite selon ses besoins: ombrage, lumière, fraîcheur, chaleur. Elle est un lieu de prédilection temporaire ou permanent pour les animaux des champs, des forêts et des prairies. Elle présente davantage de floraisons et de fructifications que la forêt.

De nombreuses espèces utilisent les zones linéaires (haie, bandes enherbées, bords de champs, etc.) comme voie de communication. À la fois protégées et canalisées, la faune et la flore peuvent ainsi se déployer sur l'ensemble d'un espace maillé et profiter des différents milieux reliés: bois, mares, cours d'eau, cultures. Outre la biodiversité qu'elles abritent, ces zones linéaires favorisent l'équilibre des populations animales et végétales sur l'ensemble du territoire et garantissent le brassage génétique indispensable à la survie des espèces.

76 Tous ces systèmes de production durable sont présentés en détails dans le Manuel du COLEACP «Systèmes de production durable».

3.4.8.2. *L'agriculture de conservation*

L'agriculture de conservation (des sols) est définie par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) comme une agriculture reposant sur une forte réduction, voire une suppression du travail du sol, une couverture permanente des sols et des successions culturales diversifiées.

On estime que 100 millions d'hectares de terre sont sous l'agriculture de conservation dans le monde. En Afrique, le nombre total des zones sous l'agriculture de conservation est toujours très petit par rapport aux espaces cultivés utilisant des méthodes conventionnelles de labour, représentant moins de 4% de l'espace total en exploitation.

En Afrique de l'Ouest, cette agriculture apparaît comme une voie pour l'intensification écologique des systèmes de production, sous réserve pour la recherche de produire plus de références sur ses effets à l'échelle de l'exploitation agricole. L'agriculture de conservation est une pratique de production de cultures à ressource efficace basée sur des principes qui améliorent les processus biologiques sur et sous le sol. Ces principes directeurs impliquent une perturbation minimale ou même zéro perturbation mécanique du sol, maintenant le sol couvert en permanence, soit par une culture en développement ou un paillis mort des résidus de cultures; et l'alternance de cultures diversifiées. Par ailleurs, les agriculteurs utilisent des variétés de cultures traditionnelles sans herbicides ou des variétés résistantes aux herbicides. L'alternance des cultures est également utilisée pour maîtriser les insectes nuisibles.

3.4.8.3. *L'agriculture biologique*

Selon IFOAM, la Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Biologique, définit l'agriculture biologique comme suit: «L'agriculture biologique est un système de production qui préserve la santé des sols, les écosystèmes et les populations. Elle repose sur des méthodes écologiques, la biodiversité et les cycles adaptés aux conditions locales, au lieu de faire appel à des intrants aux effets indésirables. L'agriculture biologique conjugue tradition, innovation et science au profit de notre environnement et afin de promouvoir les relations équitables et une bonne qualité de vie pour tous ceux qui y contribuent.».

Les agriculteurs biologiques sont à la fois gardiens et utilisateurs de la biodiversité à tous les niveaux :

- au niveau génétique : les semences et les races endémiques et adaptées aux conditions locales sont préférées en raison de leur plus grande résistance aux maladies et de leur résilience face aux perturbations climatiques ;
- au niveau spécifique : diverses combinaisons de plantes et d'animaux optimisent le cycle des éléments nutritifs et de l'énergie au profit de la production agricole.
- au niveau écosystémique : le maintien de zones naturelles à l'intérieur et autour des champs de culture biologique et l'absence d'intrants chimiques créent des habitats propices à la vie des espèces sauvages. Le recours aux méthodes biologiques de lutte antiparasitaire préserve la diversité spécifique et prévient l'apparition de ravageurs résistants aux produits phytosanitaires chimiques.

3.4.8.4. *La permaculture*

Elle est à la fois une éthique, une philosophie, une science et une méthode de conception / aménagement / planification / organisation de systèmes (et d'écosystèmes), dont la préoccupation fondamentale est l'efficacité, la soutenabilité / régénérativité et la résilience. Le mot permaculture a été inventé dans les années 70 par les Australiens Bill Mollison et David Holmgren. C'est une contraction de permanent et culture, initialement de permanent et agriculture. Elle constitue une vision et un cadre pour un usage pertinent de la terre, de la planète et des groupes sociaux, qui permettent de construire une infinité de solutions réalistes, créatives et adaptées à toute situation particulière, toujours dans le but de porter des sociétés d'abondance pour toutes et tous, soutenables/régénératives, écologiques et heureuses. Son but est de créer, par une conception (design) réfléchie et efficace, des sociétés humaines respectueuses de la Nature et des Hommes.

Les avantages de la permaculture sont entre autres :

- la fertilisation du sol par un engrais vert (trèfle...) et la production se font en même temps,
- le maintien ou la restauration de la diversité permet de mieux contrôler les maladies et les ravageurs,
- la culture et le sol sont en symbiose et le sol reste couvert afin de respecter la vie du sol,
- le sol subit moins les effets du compactage, la terre reste plus souple et légère,
- le sol est moins sujet à l'érosion due aux intempéries,
- le jardinier ou l'agriculteur a moins de travail car il intervient le moins possible.

3.4.8.5. *L'agriculture climato-intelligente*

L'agriculture intelligente face au climat est une approche conçue pour développer les conditions techniques, politiques et d'investissement nécessaires pour atteindre une agriculture durable répondant aux enjeux de la sécurité alimentaire dans un contexte de changement climatique. L'ACI doit être pensée comme un processus continu et itératif pour associer sécurité alimentaire, développement agricole et changement climatique.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) définit l'Agriculture Climato-Intelligente selon trois grands principes :

- Augmenter de façon durable la productivité agricole et les revenus des agriculteurs afin d'atteindre les objectifs nationaux de sécurité alimentaire et de développement.
- Renforcer la résilience et l'adaptation des systèmes agricoles et alimentaires au changement climatique.
- Atténuer les émissions de gaz à effet de serre et augmenter l'absorption du carbone.

C'est la réunion de ces trois principes qui distingue l'Agriculture Climato-Intelligente des autres démarches.

Cette approche d'agriculture est d'identifier des options ou des pratiques endogènes qui intègrent à la fois la sécurité alimentaire, le développement et le changement climatique spécifique à chaque pays.

Elle donne la priorité au renforcement des moyens de subsistance, en améliorant l'accès aux services, à la connaissance, aux ressources (y compris les ressources génétiques), aux produits financiers et aux marchés; de chercher à identifier des opportunités pour l'accès aux financements sur le climat et intègre les sources traditionnelles de financement de l'investissement agricole. Elle cherche à créer des conditions favorables à travers une meilleure harmonisation des politiques, des investissements financiers et des dispositifs institutionnels. Elle aborde l'adaptation et renforce la résilience aux chocs, en particulier ceux liés au changement climatique.

Chapitre 4

Préservation et restauration de la biodiversité

| | |
|---|-----|
| 4.1. Aménagements et pratiques culturales favorisant la biodiversité | 236 |
| 4.2. Comment assurer ou améliorer la biodiversité domestique dans les exploitations | 239 |
| 4.3. Comment favoriser la biodiversité sauvage dans les exploitations | 263 |
| 4.4. Aménagements et pratiques favorables plus particulièrement à la biodiversité sauvage para-agricole | 288 |
| 4.5. Aménagements et pratiques favorables à la biodiversité sauvage para-agricole du sol | 294 |
| 4.6. Comment préserver la biodiversité des espaces se trouvant à proximité de l'exploitation | 303 |
| 4.7. Autres aménagements du territoire à finalités diverses ayant également un impact positif sur la biodiversité | 305 |

4.1. AMÉNAGEMENTS ET PRATIQUES CULTURALES FAVORISANT LA BIODIVERSITÉ

L'agriculture conduit à la destruction des habitats naturels mais elle est aussi source d'une multitude d'espèces végétales et animales développées. Si les aménagements et les techniques culturales tiennent compte de l'importance de la préservation et de la restauration de la biodiversité, les paysages agricoles façonnés durant des décennies pourraient offrir encore beaucoup plus d'habitats secondaires riches en espèces végétales et animales aussi bien domestiques que sauvages. Les aménagements et pratiques culturales sont multiples et dépendent des zones climatiques, de la topographie, du type de sol, des compétences techniques et financières disponibles etc.

Tout aménagement et toute pratique culturale sur une parcelle ou dans un paysage devrait pouvoir contribuer à la gestion durable des ressources en terres et en eau, et rechercher la complémentarité entre les plantes, les animaux, les insectes et microorganismes. La finalité devrait être des pratiques agroécologiques.

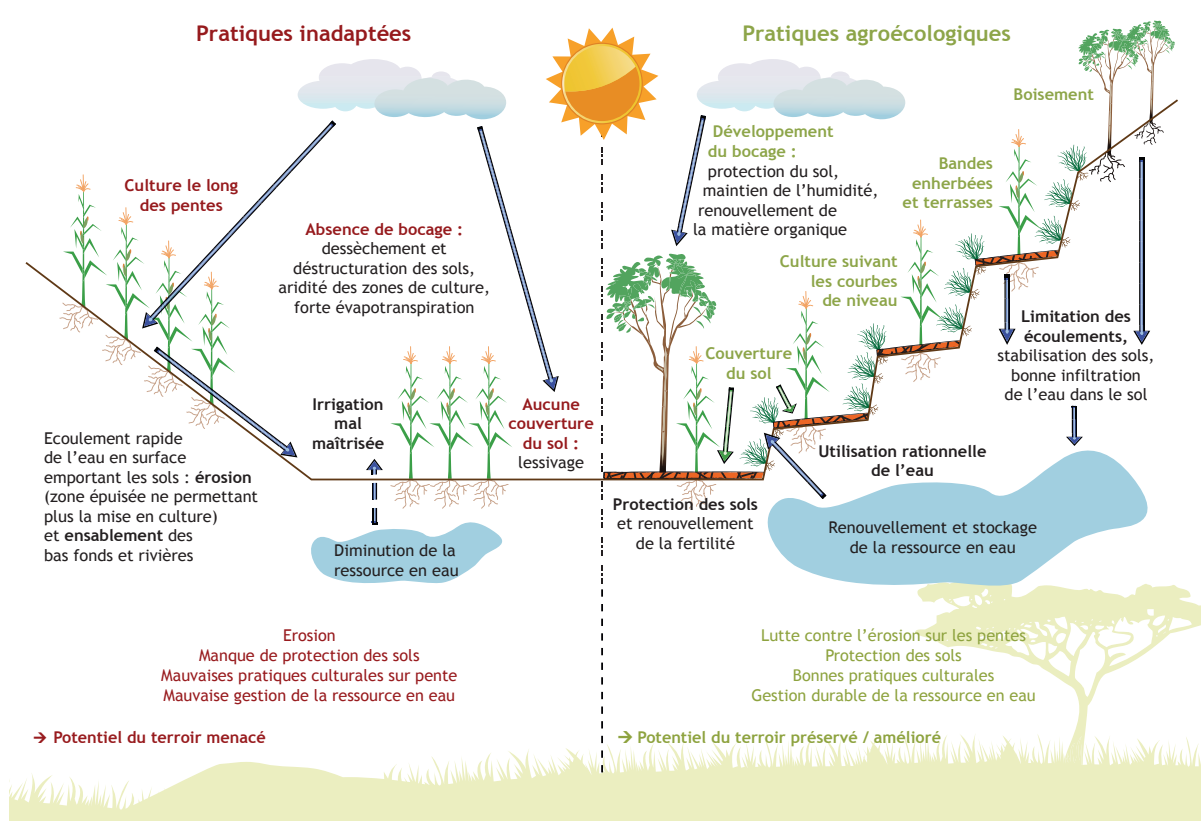


Figure 1 : Conséquences des différentes pratiques agricoles sur le paysage
 Source : AGRISUD INTERNATIONAL, 2010
http://www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Les aménagements et pratiques culturales doivent :

- viser à préserver ou à restaurer les ressources en terres et en eau de la parcelle et du paysage,
- pouvoir produire suffisamment de biomasse aérienne et souterraine dans un grand écovolume constitué d'espèces végétales cultivées variées,
- assurer une production et une gestion efficiente de la matière organique de qualité et en quantité grâce au couplage entre l'agriculture et l'élevage diversifié,
- rechercher la complémentarité entre les plantes, les animaux, les insectes, les organismes et les microorganismes etc.

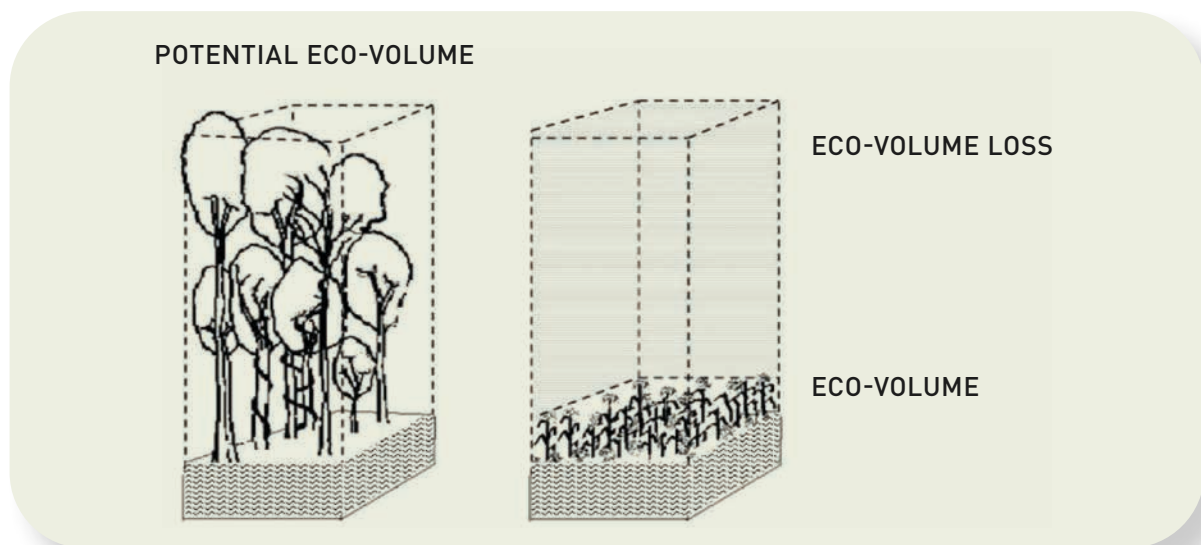


Figure 2: Eco-volume potentiel et perte en éco-volume
Source: JANSSENS, 2004 in TORRICO, 2006a cité par Baumert 2008)

Ci-après sont présentées quelques pratiques, leurs avantages et inconvénients ainsi que des exemples de mise en place et des références, classées par thématique comme suit :

- Biodiversité domestique dans l'exploitation agricole
 - Association de l'élevage d'animaux au système de production.
 - Techniques d'aménagement spatial des cultures :
 - Assolements.
 - Associations (mixité intra-parcellaire).
 - Techniques d'aménagement temporel des cultures :
 - Rotations.
 - Cultures dérobées.
- Réserver une part, la plus importante possible, de l'exploitation aux espèces et variétés patrimoniales locales.

- Biodiversité sauvage dans l'exploitation
 - Aménagements et pratiques favorables aux deux types de biodiversité sauvage :
 - Au niveau des IAE/UAE.
 - Au niveau de l'utilisation des Produits de Protection des Plantes.
 - Au niveau de l'utilisation des fertilisants.
 - Au niveau spécifiquement des cultures pérennes.
 - Aménagements et pratiques favorables plus particulièrement à la biodiversité sauvage para-agricole :
 - Bandes fleuries.
 - Diversité spatio-temporelle des espèces cultivées.
 - Enherbement des cultures pérennes.
 - Choix des Produits de Protection des Plantes.
 - Aménagements et pratiques favorables plus particulièrement à la biodiversité sauvage para-agricole du sol :
 - Travail du sol léger.
 - Couvert végétal permanent.
 - Rotations et associations de cultures à système racinaire différent.
 - Amendement organique.

4.2. COMMENT ASSURER OU AMÉLIORER LA BIODIVERSITÉ DOMESTIQUE DANS LES EXPLOITATIONS

La biodiversité domestique, déjà expliquée aux chapitres 2 et 3, est l'ensemble des espèces et des sous-espèces (races, variétés) végétales et animales que l'homme a domestiquées et sélectionnées au cours des temps. « *Un consensus existe désormais pour constater l'effondrement de la biodiversité domestique au cours du XX^{ème} siècle par la disparition de nombreuses variétés et races* » (Calame, M.).

Les systèmes de production traditionnels représentés dans beaucoup de pays ACP par des systèmes de production familiaux sont confrontés à une augmentation croissante des systèmes de production intensifs et commerciaux responsables de l'érosion de la biodiversité. Pourtant, ces systèmes traditionnels avaient pu développer et maintenir durant plusieurs années une diversité végétale et animale grâce à une sélection méticuleuse impliquant un grand nombre d'agriculteurs et d'éleveurs de différentes régions. Des modèles et des initiatives de développement agricole voulant maintenir cette richesse mal appréciée existent de plus en plus dans différents pays ACP. Le Centre Songhai⁷⁷ et la Maison du paysan⁷⁸ au Bénin sont de bons exemples de modèles de préservation de la biodiversité domestique. De plus Paech, N. (2017)⁷⁹ confirme que ce genre de systèmes de production plutôt agroécologiques est garant d'une agriculture durable respectueuse de l'environnement.

La sélection végétale pour les cultures et les arbres agroforestiers ou de reboisement devrait pouvoir capitaliser, conserver, reproduire et valoriser les ressources variétales et génétiques existantes. L'organisation d'un réseau de producteurs de semences ou de matériel végétal certifiés est indispensable.

Au niveau d'une exploitation du secteur des fruits et légumes la biodiversité domestique peut être assurée via différentes pratiques. Cependant il faut bien évidemment s'assurer que les divers produits envisagés pourront être écoulés sur les marchés et que les conditions agro-écologiques existantes permettent cette diversification. D'autre part il ne faut pas perdre de vue qu'une diversification des cultures engendre généralement une gestion plus complexe de l'exploitation, des moyens humains plus importants et des connaissances plus multiples.

4.2.1. Association de l'élevage d'animaux au système de production

La biodiversité domestique globale au sein d'une exploitation agricole peut être améliorée en associant de l'élevage qui pourra servir également d'appui au système des productions végétales.

D'autre part l'intégration des cultures et des animaux d'élevage permet d'augmenter la production de biomasse et de recycler de manière optimale des nutriments qui en sont issus (Altieri et Nicholls, 2014, p.44).

77 <http://www.songhai.org/index.php/fr/>

78 <http://maisondupaysan.org/>

79 Paech, N. (2017). Postwachstumsökonomie. Wohlstand ohne Wachstum in einer endlichen Welt. Videokonferenz an der Universität Bonn, 5.10.2017.

En effet, l'activité d'élevage est un élément d'équilibre des systèmes agricoles : échanges entre les cultures et les animaux (alimentation, restitution de matière organique). Il est donc nécessaire de créer et maintenir des synergies entre les activités de production végétale et l'élevage.⁸⁰

L'association de l'agriculture et de l'élevage va valoriser les interactions entre eux et ainsi augmenter la productivité de l'exploitation. Globalement, cela passe par :

- la valorisation des résidus de cultures pour nourrir le bétail,
- la valorisation des déjections animales pour fertiliser le sol et ainsi nourrir les plantes.

Ce système agropastoral permet un recyclage des éléments nutritifs du sol et donc de gérer durablement leur fertilité. Les modalités d'associations sont multiples et dépendent largement des conditions socio-économiques du milieu.

Il est possible d'associer l'élevage avec l'agriculture mais aussi avec l'agroforesterie, voire les trois réunis. Voir fiche technique N° 11 -

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Production de fumier • Amélioration de la productivité totale du travail et des terres • Valorisation des déjections animales pour augmenter la fertilité du sol • Valorisation des résidus de récolte utilisés comme fourrages • Intensification simultanée de la production agricole et celle du cheptel • Utilisation de la culture attelée • Renforcement de la résilience des exploitations face aux changements climatiques • Diversification des revenus • Consolidation de la sécurité alimentaire des ménages • Amélioration de la lutte contre l'érosion grâce à l'implantation de plantes de couverture et d'arbres pour les pâturages ou la fabrication de fourrage • Diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires et des engrais (faible usage) | <ul style="list-style-type: none"> • Requier plus de travail • Nécessité de connaissances dans la gestion agricole • Nécessité d'assurer la nourriture des animaux • Nécessité d'assurer les soins vétérinaires des animaux • Peut entraîner une compétition pour les terrains entre agriculture et élevage, parfois difficile à lever • Requier plus de main d'œuvre • Risque sanitaire (zoonoses...ascaris, dysenterie, etc.) • Nécessité d'un bon plan de recyclage des déchets et rejets organiques et autres • La sécurité/ gardiennage • Est difficilement adoptable dans les régions où l'élevage n'est pas ou peu pratiqué |

80 www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Quelques exemples et références

- L'élevage de poules apporte de la fiente qui est un excellent engrais riche en azote, en phosphore, en potassium et en calcium. Grâce à quelques poules, on obtient rapidement un engrais écologique et bon marché de très bonne qualité. L'azote contenu dans la fiente de poule est rapidement disponible pour la plante.⁸¹
- Les techniques du sachi (rassembler les animaux pendant une longue période, trois mois par exemple, sur la parcelle qui va être cultivée pour la fertiliser), du bocashi (engrais organique à base du fumier d'animaux, auquel s'ajoute de la paille, des cendres, de la mélasse et des micro-organismes sous forme liquide), du biol (bio-fertilisant liquide composé de différentes plantes et de fumier) et du purin permettent d'utiliser les déchets des animaux comme fertilisants et engrais après transformation, et aident à combattre les ravageurs et maladies.⁸²
- Intégration horticulture et élevage à la cité des jeunes et à la ferme Jacaranda de Lubumbashi en RD Congo et chez quelques horticulteurs urbains. Les cultures des fruits et légumes sont réalisées à proximité des élevages de volailles (poules et canards), porcs, lapins, caprins et un espace est aussi réservé à la pisciculture. Ceci assure l'intégration des activités: l'alimentation du bétail, le recyclage des différents types des déchets des élevages et des jardins en fumier et compost. Ce système de production agro-pastorale permet de promouvoir l'utilisation des fumiers compostés comme fertilisation de base dans l'exploitation des fruits et légumes. La fiente des poules et des canards est un des fertilisants de choix pour les horticulteurs des fruits et légumes spécialement des cultures comme les tomates, amarantes et choux pommés grâce notamment à l'apport en éléments azotés. Les déjections des chèvres sont également utilisées après deux jours de trempage dans l'eau, puis appliquées par arrosage sur les légumes comme engrais azotés liquides apportant également d'autres éléments fertilisants. Les résidus des fruits et légumes sont directement utilisés comme aliment pour les canards et lapins, compléments pour poules et *Tilapia nilotica* dans la pisciculture.
- Entretien de la flore spontanée et/ou semée en vergers par des volailles en Martinique. Fiche N° 6 dans: Guide tropical - Guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires - <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>.

81 <https://www.aujardin.info/fiches/fiente-poule-engrais-naturel-qualite.php>

82 <http://ong-adg.be/index.php?lg=frb&rub=qui-sommes-nous&pg=publications&pub=l-agroecologie-reconnecter-l-homme-a-son-ecosysteme>

4.2.2. Techniques d'aménagement spatial des cultures

La diversification des espèces et variétés végétales cultivées peut être réalisée via différentes techniques d'aménagement spatial des cultures comme un bon assolement au niveau de l'exploitation et des associations culturales à l'échelle d'une parcelle,

4.2.2.1. Un assolement réfléchi

L'assolement est l'organisation géographique de parcelles cultivées sur l'ensemble d'une exploitation au cours d'une campagne agricole donnée.

Cette répartition géographique peut avoir une influence sur la propagation d'ennemis des cultures notamment quand ceux-ci ont des capacités de dissémination d'une parcelle à l'autre mais n'ont pas forcément des capacités de dissémination plus lointaine même si les parcelles ne sont pas si éloignées les unes des autres.

Cette méthode peut être aisément combinée avec le choix variétal, la taille et forme des parcelles. Sa mise en œuvre est favorisée par la diversification des cultures sur l'exploitation comme la rotation.

Elle peut être également prise en compte à une échelle supérieure à condition que plusieurs agriculteurs s'entendent sur la disposition des cultures. Les limites de la méthode sont liées à la possibilité d'avoir une complexité des rotations afin de pouvoir disperser les cultures. En cultures pérennes, les solutions sont plus limitées mais peuvent être en partie réalisées par la juxtaposition de variétés à sensibilité différente.⁸³

Il est important de réduire la taille des parcelles si l'on souhaite maintenir la biodiversité des espaces agricoles. L'hypothèse des chercheurs est que dans le paysage avec de petites parcelles, les espèces ont plus facilement accès aux habitats situés sur les bordures. La biodiversité dans les champs dépendrait plus des IAE/UAE situés dans les bordures des champs que d'IAE/UAE de grandes taille comme les forêts et les bosquets.⁸⁴

L'assolement d'une exploitation agricole résulte de différentes contraintes, tant techniques qu'économiques, et cherche à optimiser le résultat global. Les critères économiques à prendre en compte sont le marché, le prix de vente, les investissements à mettre en œuvre, éventuellement des limites de contingentement pour les cultures règlementées ou des subventions. Les facteurs techniques, au sens large, incluent les règles de rotation des cultures, l'organisation du travail, la disponibilité du matériel, ainsi que les facteurs écologiques (sol, climat, etc.). Enfin l'agriculteur doit prendre en compte les moyens humains, en quantité, qualification et savoir-faire.⁸⁵

83 <http://ecophytopic.fr/tr/pr%C3%A9vention-prophylaxie/gestion-des-cultures/assolement-parcellaire>

84 <http://www.osez-agroecologie.org/la-taille-des-parcelles-a-un-effet-plus-important-que-l-assolement-ou-les-iae-sur-la-biodiversite-des-champs-168-actu-82>

85 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Assolement>

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Lutte contre certaines maladies des plantes et des parasites du sol • Exploitation rationnelle des éléments du sol • L'assolement est l'aménagement de l'espace qui permet la rotation des cultures • Minimiser / prévenir l'érosion des terres provoquées par la monoculture • Valoriser le sol à des profondeurs différentes | <ul style="list-style-type: none"> • Difficultés de respecter les dates de semis ou les périodes de sarclage si la main-d'œuvre constitue un facteur limitant de la production • Difficulté d'application des engrais et de produits phytosanitaires spécifique à chaque petite parcelle • Gestion de l'irrigation des parcelles plus difficile avec des petites parcelles variées |

4.2.2.2. Diversifier en réalisant des mixités intra-parcellaire

Cela consiste à associer plusieurs espèces et/ou variétés sur la même parcelle. Il peut s'agir de semis en lignes alternées ou d'associations plus complexes.

Lorsque plusieurs espèces sont cultivées simultanément sur la même parcelle, elles entretiennent des relations de concurrence ou de complémentarité pour l'accès aux facteurs du milieu. Trois facteurs sont donc à prendre en compte pour déterminer les associations :

- le système racinaire (ex. : chou + laitue) ;
- l'accès à l'eau et aux éléments minéraux (ex. : légumes fruits + légumes feuilles) ;
- les besoins en lumière (ex. : coriandre, persil, céleri protégés par la fève ou le piment ; gingembre sous papayer).

Les associations les plus intéressantes sur le plan agronomique sont celles qui, au niveau de l'espace aérien et souterrain, valorisent les complémentarités et limitent les concurrences entre espèces. D'autre part une certaine diversité dans la parcelle peut permettre d'éviter la propagation des agents pathogènes (Wolfe, 2000, in ESCo, 2008, chapitre1).

Il s'agit de promouvoir les associations assurant la protection des cultures ou favorisant la synergie entre les cultures.⁸⁶

Les associations graminées-légumineuses (qui ont un effet azote, un effet tuteur et permettent une maîtrise des adventices) sont assez connues mais de nombreuses autres associations sont également efficaces (fonctions d'ombrière végétale sous climat sec, de plante piège pour un ravageur, de stabilisateur...).

86 www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf



Figure 3: Agroforesterie tropicale en Indonésie (est de Java) : pendant la saison sèche, les rizières sont cultivées en maraichage avec des cultures associées de choux et haricots sous les cocotiers
Source : <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/month/2008/april.htm>

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Action préventive sur les maladies et ravageurs des cultures : • Brouiller les odeurs pour désorienter les insectes nuisibles • Une pression parasitaire répartie sur plusieurs espèces et variétés ; favorise la lutte biologique naturelle. • Concentration des parasites sur des plantes préférentielles • Utilisent les atouts des plantes (pouvoir stimulant), leurs complémentarités • Optimisent l'utilisation des substances nutritives disponibles pour les plantes • Pour mieux occuper l'espace racinaire et aérien • Pour couvrir, protéger le sol (lutte contre l'érosion) voire l'enrichir (légumineuses) • Meilleure utilisation du sol dans le temps (cultures dérobées). • Produit différentes cultures sur un même espace (sécurité alimentaire) • Une récolte échelonnée de divers produits (sécurité et diversité alimentaire) • Limite les risques de pertes de récolte liées aux incidents climatiques, grâce à des cycles de développement culturaux différents • Diminue les risques de verse • Lutte contre les plantes adventices • Maintien de la structure et de la fertilité du sol • Rendements supérieurs aux monocultures dans 70 % des cas | <ul style="list-style-type: none"> • Les plantes compatibles ont parfois des besoins différents (eau, fumure, entretien) d'où des difficultés de gestion culturale. De ce fait les associations sont très peu pratiquées en maraîchage. • Nécessite une bonne connaissance des plantes et de leurs interactions, notamment pour éviter les risques d'interaction biochimique négative • Système difficilement mécanisable • Toutes les espèces ne sont pas adaptées • Organisation de la main d'œuvre nécessaire pour gérer plus d'espèces • Augmentation possible de la pénibilité du travail • Difficulté d'appliquer des produits de lutte phytosanitaire ciblée sur une espèce • Contamination croisée entre plantes sensibles aux mêmes parasites et maladies |

Quelques exemples de compatibilité/incompatibilité d'association des cultures maraîchères entre elles

Tableau 1 : Exemple d'associations culturales à faire ou ne pas faire

| Culture | Compatible | Incompatible |
|------------|---|-------------------------------------|
| Blé | Haricot, concombre, laitue, melon, pois, pomme de terre, courge, tournesol | Tomate |
| Haricot | Brocoli, chou, carottes, chou-fleur, céleri, blé, concombre, aubergine, pois, pomme de terre, radis, tomate, fraise, courge | Ail, oignon, piment, tournesol |
| Chou | Haricot, céleri, concombre, laitue, oignon, pomme de terre, aneth, chou frisé, thym, sauge, épinard | Brocoli, chou-fleur, fraise, tomate |
| Aubergine | Basilic, haricot, laitue, pois, pomme de terre, épinard | |
| Oignon | Betterave, brocoli, chou, carotte, laitue, piment, pomme de terre, épinard, tomate | Haricot, pois, sauge |
| Chou-fleur | Haricot, betterave, céleri, concombre, sauge, thym | Brocoli, chou, fraise, tomate |
| Concombre | Haricot, brocoli, chou, chou-fleur, blé, laitue, pois, radis, tournesol | Melon, pomme de terre |

Source : http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

Tableau 2 : Associations de cultures en Guyane – en vert les associations favorable, en rouge celles qui sont défavorables

| | Ananas | Aubergine | Carotte | Céleri | Chou (en général) | Concombre salade | Courge | Courgette | Cramanioc | Dachine | Haricot | Igname | Laitue | Mais doux | Navet | Oseille pays | Pastèque | Patate douce | Persil | Piment | Piment doux | Poivron | Radis | Tomate |
|-------------------------|--------|-----------|---------|--------|-------------------|------------------|--------|-----------|-----------|---------|---------|--------|--------|-----------|-------|--------------|----------|--------------|--------|--------|-------------|---------|-------|--------|
| Association favorable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Association défavorable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ananas | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aubergine | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carotte | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Céleri | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chou (en général) | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Concombre salade | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Courge | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Courgette | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cramanioc | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dachine | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Haricot | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| Igname | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Laitue | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| Mais doux | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| Navet | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| Oseille pays | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| Pastèque | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Patate douce | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Persil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| Piment fort | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| Piment doux | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Poivron | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| Radis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Tomate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X |

Source : https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf



Figure 4 : Association laitue et oignon à la ferme école agroécologique de Kaydara au Sénégal
Source : Gora Ndiaye

Quelques exemples d'associations et références

- **Exemples d'associations permettant de lutter contre des ennemis des cultures**
Source : La Production et Protection Intégrées appliquée aux cultures maraîchères en Afrique soudano-sahélienne FAO - *Projet GCP/RAF/244/BEL*
<http://www.fao.org/3/a-az732f.pdf>
- L'association de la tomate au chou permet de diminuer les attaques de *Plutella xylostella*.
- L'amarante associée à la tomate attire préférentiellement les mouches blanches et donc diminue les risques du virus TYLCV sur la tomate. Cette amarante pourra être traitée pour diminuer la population de mouches blanches dans le champ.
- Des plants d'oseille de Guinée associés à la tomate permettent de réduire le niveau d'infestation de la mineuse des feuilles sur tomate. Les mouches mineuses attirées par l'oseille de Guinée y pondent leurs œufs. Le développement de ces œufs est ensuite empêché par des substances sécrétées par la plante.

- **Autre référence :**
Légumes : les associations favorables et les associations défavorable
<http://www.acd-serres.fr/fr-8825-4813-6891-sitemap-legumes-associations.html>
- **Autres exemples d'associations -**
Source : Fiche technique 17 « Rotation et association » dans
<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>
 - Igname x concombre x haricot x malanga en Guadeloupe.
 - Association maïs x patate douce x haricot en Guadeloupe.
 - Association maïs x haricot x cucurbitacée en Martinique.
 - Association igname x chou caraïbes ou dachine ou giraumon ou gombo ou maïs ou haricot en Martinique.
 - Association banane plantain x giraumon en Martinique.
 - Association jeunes vergers x giraumon en Martinique.
 - Association bananier x ananas aux Antilles.
 - Associations cultures maraîchères x plantes aromatiques.

4.2.2.3. *Formes de mixités intra-parcellaire*

La mixité intra-parcellaire peut se réaliser de différentes manières qui sont listées ci-dessous et repris en détail par après :

- a. La culture de plantes non ligneuses en mélange ou « mixed intercropping ».
- b. La culture intercalaire de plusieurs espèces non ligneuses ou « row intercropping ».
- c. La culture d'espèces non ligneuses en bandes alternées ou « strip intercropping ».
- d. La culture d'espèces herbacées et ligneuses en association sur la même parcelle.

La culture de plantes non ligneuses en mélange ou « mixed intercropping »

Ici les pieds de deux ou de plusieurs espèces végétales poussent simultanément dans la même parcelle sans un arrangement spatial particulier.

- **Difficultés spécifiques à ce type de mixité intra parcellaire**
 - Difficulté à gérer le contrôle des mauvaises herbes.
 - Peu de contrôle sur l'échelonnement des récoltes.
 - Difficulté à adapter les semis ou la production de plantules à repiquer de manière à bien utiliser l'espace disponible.
- **Quelques exemples et références**
 - Association maïs, haricot, courge -
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Trois_s%C5%93urs_\(agriculture\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Trois_s%C5%93urs_(agriculture)).
 - Utilisation d'oignon-pays cv. ciboule blanche (*Allium fistulosum*) pour lutter contre le flétrissement bactérien de la tomate aux Antilles – Fiche technique 2 Biodésinfection des sols dans
<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>.

La culture intercalaire de plusieurs espèces non ligneuses ou «row intercropping»

Dans ce système les lignes d'une espèce alternent avec les lignes de l'autre ou des autres espèces dans la même parcelle.

- **Les avantages particuliers à ce système**
 - Épandage d'engrais et de produits phytosanitaires facilités
 - Facilité de contrôle des mauvaises herbes.
- **Quelques exemples et références**
 - Extraits de «La Production et Protection Intégrées appliquée aux cultures maraîchères en Afrique soudano-sahélienne» FAO Projet GCP/RAF/244/BEL <http://www.fao.org/3/a-az732f.pdf>

Le maraîchage étant très peu mécanisée dans de nombreuses régions, il offre encore des possibilités de travailler avec des associations d'espèces qui ne doivent pas nécessairement être plantées ou récoltées en même temps.

Associations à éviter : Comme dans le cas des assolements tout n'en est pas pour autant permis. Ainsi, on évitera parfois l'association courge avec pommes de terre car l'humidité produite par la première favorisera le mildiou chez la seconde. De même, les papayers ne feront pas bon ménage avec de nombreuses espèces maraîchères du fait qu'ils peuvent héberger les nématodes à galles. Enfin, il faut éviter que des ravageurs polyphages ne passent d'une culture ayant atteint un stade avancé vers une autre à un stade plus jeune qui se trouverait ainsi contaminée de façon précoce. Dans ce domaine les expériences accumulées par les anciens peuvent être très utiles mais il ne faut pas vouloir les extrapoler à d'autres régions avant de s'être bien assuré que la recette fonctionne aussi dans d'autres contextes.

Une des plantes cultivées dans l'association peut aussi servir de barrière physique comme, par exemple, l'installation de brise-vents de maïs ou de sorgho en micro-parcelles légumières. Ces barrières peuvent, en outre, faire obstacle à la dissémination de certaines maladies. Parfois, cependant, il faut pouvoir neutraliser des effets préjudiciables qui peuvent en résulter : comme les rangées de maïs attirent les pucerons (risques de transmission de viroses en cultures de pastèques), on veillera à traiter spécifiquement ces brise-vents avec un insecticide approprié qui ne risque pas de laisser des résidus dangereux pour l'homme sur la culture voisine.

Par ailleurs, les plantes associées peuvent dégager des substances chimiques qui feront fuir ou désorienter certains insectes. Ainsi, on aura moins d'attaque de teigne, *Plutella xylostella*, lorsque le chou est associé à la tomate car la présence de celle-ci empêche l'insecte de repérer les plantes de choux. De même, la présence de basilic en culture de tomate aura un effet dissuasif sur les mouches mineuses.

On peut citer aussi pour la tomate

- Des lignes de plantes non sensibles à *Pseudomonas solanacearum* intercalées entre les lignes de tomate ralentissent la dissémination de cette bactérie.
- Une ligne de rose d'Inde à fleurs jaunes (*Tagetes erecta*) toutes les 16 lignes de tomate sert de plante piège pour *Helicoverpa armigera*.
- Autres exemples d'associations en lignes :
 - Plantes fixatrices d'azote, comme les haricots et le niébé associées au maïs ou au sorgho.
 - Laitues et poireaux.
 - Maïs et courge *Cucurbita moschata* (pour la consommation des feuilles).
- L'association peut aussi se faire avec une plante qui n'est pas cultivée pour elle-même mais uniquement pour certaines propriétés qui lui sont propres. Ainsi on pourra associer à la culture des plants de géraniums, de citronnelles (plantes répulsives pour les insectes) ou de tagètes (plantes nématicides).

La culture d'espèces non ligneuses en bandes alternées ou « strip intercropping »

Elle consiste à réaliser dans la même parcelle des bandes de deux ou plusieurs lignes d'une même espèce, chaque bande alternant avec les bandes d'une ou de plusieurs autres espèces cultivées.

La mise en place de l'association en rangs alternés est la plus simple à gérer vis-à-vis des opérations culturales. L'orientation des rangs est importante lorsqu'une espèce est plus haute qu'une autre ; l'orientation est/ouest améliore l'ensoleillement de la culture basse.⁸⁷

- **Les avantages particuliers à ce système**
 - Épandage d'engrais et de produits phytosanitaires facilités par rapport aux associations a) et b).
 - La gestion de l'irrigation facilitée par rapport à a) et b).
- **Quelques exemples et références**

- Push-pull – source Fiche 15 -

<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

Le push-pull consiste à introduire une plante dite répulsive ayant la propriété d'éloigner (push) les ravageurs de la culture et/ou une plante-piège ayant la propriété de les attirer (pull) en dehors de la culture.

Les cultures pièges sont installées à proximité d'une culture ou intercalée avec celle-ci. Ces plantes pièges sont capables d'attirer les ravageurs, le plus souvent des insectes, et ainsi de les détourner de la culture principale. Cela permet de limiter les dégâts causés par les ravageurs dans les parcelles, avec un minimum de recours aux intrants chimiques.

87

<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

L'effet répulsif peut être obtenu soit en installant des cultures intercalaires répulsives, soit en traitant la culture principale avec des biopesticides, comme l'extrait de neem.

- La plantation de maïs en bordure des cultures légumières en milieu tropical permet de limiter fortement l'impact des mouches des légumes à La Réunion, comme l'a montré le projet CASDAR GAMOUR (Figures ci-dessous).



Bactrocera cucurbitae se nourrissant de gouttes de Synéis-appât



Plants de maïs en bordure d'une parcelle de cougette

| Production data | témoin | Gamour |
|--------------------------------------|--------|--------|
| Surface de culture (m ²) | 1980 | 1180 |
| Nombre de traitements chimiques | 4,20 | 0,08 |
| récolte (t/ha) | 13,1 | 19,3 |
| Pertes (%) | 34 | 13 |

Objectif :

Régulation de bioagresseurs (Mouches des légumes, Tephritidae) par la technique de Push-pull assisté.

Savoirs mobilisés :

Écologie des mouches, écologie chimique.

Pistes issues de ta recherche :

- Ingénierie agroécologique: (1) implantation de bordures de maïs autour des parcelles cultivées, (2) application par taches du Synéis-appât sur les plants de maïs.
- Intégration dans un paquet agroécologique dans lequel figurent aussi la prophylaxie (augmentorium), le piégeage sexuel à l'aide de paraphéromones, des pratiques agronomiques (couverts végétaux) et la lutte biologique de conservation.

Figure 5: Un exemple d'ajout de biodiversité cultivée: le 'push-pull' assisté pour gérer les mouches des légumes à La Réunion, projet CASDAR GAMOUR
Source : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5596/42516/file/Vol43-5-Tixier.pdf>

La technique permet de lutter contre des mouches de la famille des Tephritidae, telles que *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* ou *Dacus demmerezi*. Ces mouches passent 90% de leur temps hors de la culture et ne viennent que pour y pondre. Installer des plantes autour qui peuvent leur servir de refuge permet d'éviter qu'elles aillent pondre sur les légumes. Il est possible de les éliminer avec un bio-insecticide sur la culture piège, ce qui évite d'avoir à épandre du bio-insecticide sur la culture principale elle-même.

Le maïs ne se contente pas de piéger les mouches des légumes, il attire également des organismes auxiliaires comme les syrphes (ennemi naturel d'insectes comme les pucerons).

Autre Source : Fiche n° 2 | Cultures pièges et répulsives - Pratiques agroécologiques et agroforestières en zone tropicale humide

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf ;

en anglais - <http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-agroecology-en-pdf.pdf>

- Les cultures pièges peuvent soit uniquement détourner les ravageurs de la culture principale, soit en plus stopper le développement de leur larves, inhiber leur appétit, etc. et ainsi réduire la population de ravageurs au niveau de la parcelle.⁸⁸

La culture d'espèces herbacées et ligneuses en association sur la même parcelle

Les bénéfices d'une association entre arbre et culture n'apportent pas qu'un atout économique, le rôle des arbres sur la culture donne une grande diversité de plus, bénéfique à la faune et la flore.⁸⁹

L'association d'arbres et de cultures maraîchères vise une optimisation de l'énergie solaire grâce à une photosynthèse maximisée par unité de surface de production. La conception de systèmes maraîchers agroforestiers s'inspire des écosystèmes naturels pour aboutir à des agrosystèmes viables, productifs et peu dépendants des intrants (fertilisation, protection phytosanitaire).⁹⁰

88 <http://www.infonet-biovision.org/PlantHealth/Intercropping-and-Push-Pull#simple-table-of-contents-5>

89 <https://culturesassociees.wordpress.com/tag/association-arbre-culture/>

90 http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2017/09/guide_verger-maraicher_smart_GRAB_web-1.pdf

Avantages et inconvénients particuliers

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Création de microclimats positifs pour les plantes, les microorganismes, les insectes et les oiseaux • Diversification de la production agricole et ligneuse • Adaptation aux effets néfastes des changements climatiques (ex. chaleurs excessives) • Valorisation des éléments minéraux du sol se trouvant en profondeur • Apport en matière organique au sol • Utilisation rationnelle des ressources en eau du sol • Augmentation de la capacité de rétention de l'eau du sol | <ul style="list-style-type: none"> • Présence de ravageurs des cultures • Légère diminution de la productivité des cultures associées aux arbres |

Quelques exemples

La culture en étages ou en strates ou « multi-storey »

La plus connue des associations avec des ligneux est la culture en étages ou en strates ou « multi-storey » qui est caractéristique des régions forestières mais que l'on trouve aussi dans des zones plus sèches ainsi que dans les oasis.

Exemple 1 : Jardins de case

Les jardins de case peuvent se définir comme un écosystème agroforestier situé à proximité d'une concession ou d'une habitation permanente et géré par une main d'œuvre familiale.

Le jardin créole est typique de la petite agriculture de la Caraïbe. Sur des parcelles proches de la case ou imbriquées dans la forêt, les productions se succèdent toute l'année en cultures associées. Les ignames, patates douces et taros y côtoient les haricots et les autres plantes potagères. De nombreux arbres fruitiers assurent un ombrage au jardin et un revenu complété par de petits ateliers de volailles ou de porcs, alors que les bananiers contribuent plus directement à l'alimentation du foyer. Les plantes médicinales et les épices sont également présentes.⁹¹

Dans la figure ci-après l'étage supérieur est occupé par de grands arbres, comme *Inga feuillei*, *Mangifera indica*, *Persea gratissima*, et *Artocarpus incisa*, qui forment une canopée protégeant du soleil tropical et des pluies torrentielles. De plus ces arbres fournissent une nourriture, leur feuilles mortes contribuent à la régénération spontanée du sol, et aident à garder des niveaux de température et d'humidité relativement constants. L'étage suivant comprend des productions vivrières et de fruits (par ex. *Musa* spp., *Carica papaya*), il est suivi de l'étage des plantes ayant une hauteur d'arbuste (manioc, maïs, piment). Le quatrième niveau est constitué de plantes couvrant le sol ou grimpantes (Cucurbitacées, haricots) ainsi que de plantes à tubercules qui complète la structure multi-étagée.

91 Cultivons la biodiversité - CIRAD.

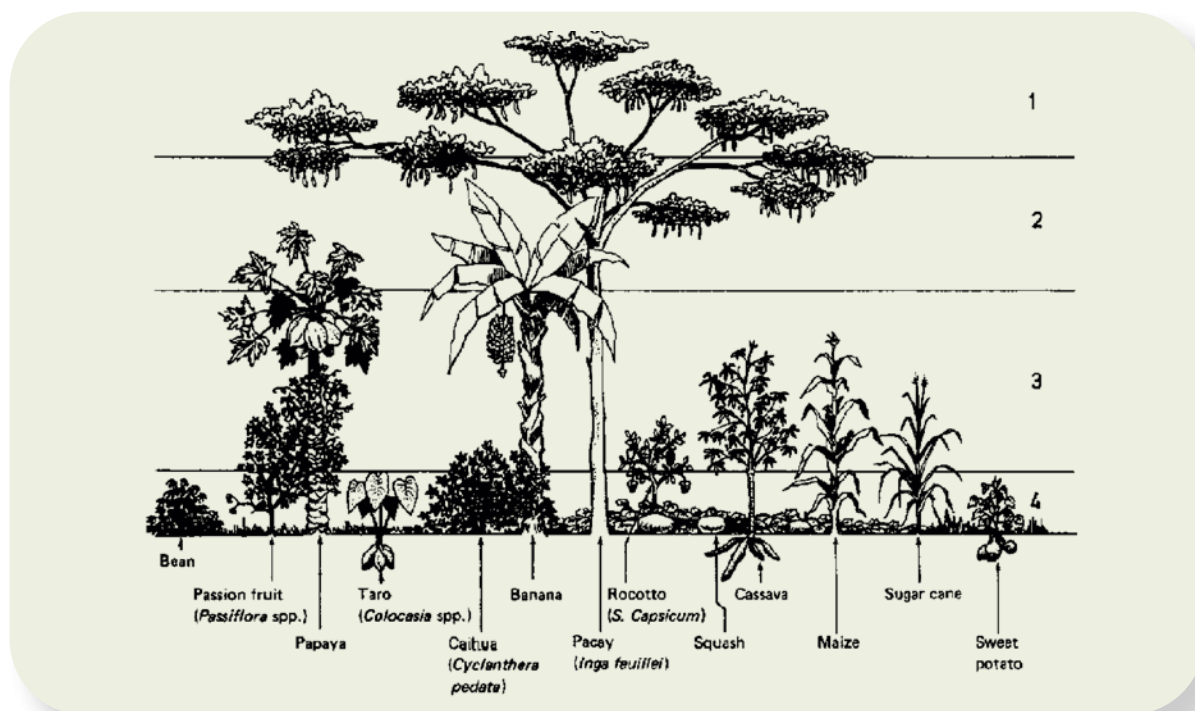


Figure 6: Typical Tropical Layered Household Garden

Source : <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0ccgi--00-0----0-10-0---0--0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4-----0-0-11-10-0utfZz-8-10&c-l=CL1.6&d=HASH01c0600089953a7f64e4cc01.1.1>1>

Exemple 2: La culture en plusieurs étages dans les oasis

Le système de culture de l'oasis s'organise en trois étages⁹²:

- L'étage du palmier dattier, qui constitue l'étage supérieur jouant le rôle de brise-vent et de protecteur des autres cultures contre le soleil.
- L'étage intermédiaire constitué d'arbres fruitiers (grenadiers, abricotiers, pruniers, mûriers, pommiers, etc.)
- L'étage inférieur est occupé par des plantes maraîchères, condimentaires ou fourragères (luzerne).

L'oasis de Gabès avec ses étages de cultures (strate supérieure constituée de palmier dattier, strate moyenne constituée de différents arbres fruitiers et strate basse composée de différentes plantes maraîchères, industrielles et fourragères) constitue un microclimat favorable au développement d'une flore très diversifiée, et un paysage exceptionnel. L'oasis de Gabès est l'unique oasis littorale de la méditerranée et l'un des derniers exemples d'oasis de ce type dans le monde. Elle constitue aussi un refuge pour une faune riche en petits mammifères, reptiles, mollusques et insectes, et pour une faune associée, peu connue encore, composée pour l'essentiel d'oiseaux transsahariens, migrateurs et hivernants d'intérêt international.

92 La filière des dattes communes dans les oasis de Gabès dans le contexte des aléas climatiques et économiques: fonctionnement, atouts et contraintes par Foued Ben Hamida. Institut national agronomique de Tunisie - Master 2011 Oasis de Gabès: Oasis de Gabès - UNESCO World Heritage Centre whc.unesco.org

Association d'arbres et arbustes fertilisants

Exemples :

- Des arbres comme *Faidherbia albida*, *Gliricidia sepium*, *Tephrosia candida* et *Sesbania sesbani* associés aux cultures permettent d'augmenter significativement les rendements.
- Les espèces de haies utilisées normalement dans les tropiques humides en bordure des cultures sont : *Cajanus cajan*, *Calliandra calothyrsus*, *Erythrina* spp., *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala*, *Paraserianthes (Albizia) falcataria*, *Sesbania sesban*. *G. sepium* et *L. leucocephala* sont deux des espèces les plus adéquates pour l'utilisation dans les cultures en bordure parce qu'elles peuvent être semées directement, résistent aux élagages continus, produisent de grandes quantités de biomasse et de nutriments et ont une vie relativement longue. *Flemingia macrophylla* a eu un bon rendement dans des zones humides à sols acides et à base basse.
- Maïs et pois cajan - <https://www.accessagriculture.org/fr/culture-intercalaire-du-mais-et-du-pois-cajan>.
- Haies de pois cajan - [http://www.discoverlife.org mp/20q?search=Cajanus+cajan](http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Cajanus+cajan).

Quelques autres références :

- Augmenter la fertilité d'un champ cultivé en associant *Faidherbia albida* aux cultures - <http://www.gtdesertification.org/Publications/Augmenter-la-fertilite-d-un-champ-cultive-en-associant-Faidherbia-Albida-aux-cultures>.
- Les parcs à *Faidherbia* - <https://ur-forets-societes.cirad.fr/publications-et-communication/ressources-en-ligne/agroforesterie/les-parcs-a-faidherbia>.

Les vergers-maraîchers

Ce nouveau type de système de production associe arbres fruitiers et légumes sur une même parcelle. Il appartient à la grande famille de l'agroforesterie.

Quelques références :

- L'essor des vergers-maraîchers - <http://www.agroforesterie.fr/base/presse/upload/2017/Vergers-maraichage-arboriculture-SMART-agroforesterie-RFL-n374-juil-aout-2017.pdf>
- Association en début d'implantation des vergers - Guide de Production Intégrée de mangues à la Réunion - https://reunion-mayotte.cirad.fr/content/download/7766/80992/version/1/file/obj_6900_file_Guide-PFI.pdf



Figure 7 : Association de fraise et oignon sous cocotier à la ferme école agroécologique de Kaydara au Sénégal
Source : Gora Ndiaye

4.2.3. Techniques d'aménagement temporel des cultures

La diversification des espèces et variétés se fait dans une exploitation aussi à l'échelle du temps en réalisant une rotation des cultures bien réfléchi et/ou des cultures dérobées comme suit.

4.2.3.1. Une rotation bien réfléchi

La rotation de cultures vise la production de plusieurs cultures sur une même parcelle, échelonnées dans le temps (c'est une succession de cultures dans la parcelle). L'objectif est de maximiser l'utilisation des sels minéraux du sol, d'empêcher la diffusion des maladies et ravageurs d'une année sur l'autre et de diversifier les productions afin de limiter les risques de mauvaises récoltes. De plus, la présence de cultures de manière permanente dans la parcelle empêche les plantes adventices de prospérer.

Généralement, pour être effective au moins contre les maladies et ravageurs, la rotation s'effectue sur un an minimum. Cependant, les producteurs disposant de peu de terres peuvent rarement se permettre des rotations aussi longues. En maraîchage, on constate donc des rotations très courtes, de quelques mois seulement, répliquées chaque année, de saison en saison.⁹³

93 http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

Tableau 3 : Principaux systèmes de rotation dans le bassin versant de l'Ouémé supérieur au Bénin

| Village (Ouémé supérieur) | Système de rotation (exemples) |
|---------------------------|---|
| Sérou | <ul style="list-style-type: none"> • Plantes à tubercules (igname/manioc) • Céréales (sorgho/maïs) • Coton ou céréales • Arachides ou coton • Coton ou arachide • Maïs ou coton |
| Sonoumon | <ul style="list-style-type: none"> • Igname • Sorgho ou maïs • Coton • Coton • Maïs • Haricots |
| Wodora | <ul style="list-style-type: none"> • Igname • Sorgho ou maïs • Coton • Maïs ou coton • Jachère ou anacardier |
| Bodi | <ul style="list-style-type: none"> • Igname • Maïs ou sorgho • Coton • Coton • Coton • Jachère ou anacardier |
| Wéwé | <ul style="list-style-type: none"> • Igname • Maïs ou sorgho • Manioc + maïs ou sorgho • Arachides • Igname • Maïs + sorgho |
| Sirarou | <ul style="list-style-type: none"> • Igname • Maïs + sorgho • Coton • Manioc • Jachère ou anacardier |

Bassila

- Igname
- Maïs ou sorgho
- Manioc
- Arachides
- Voandzou
- Jachère ou anacardier

Source : Mulindabigwi, 2005 - <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2006/0784/0784.pdf>

En maraîchage biologique, une attention particulière est apportée à la rotation des cultures : c'est une clé importante de réussite car elle limite les risques phytosanitaires. La gestion de l'azote est une autre dimension à prendre en compte, d'où le recours aux légumineuses captant l'azote de l'air, aux engrais verts. Il y aura généralement un apport massif de matière organique en tête de rotation. Des espèces peu exigeantes en matière organique seront cultivées en fin de rotation.

La planification des cultures et leur succession est établie selon les règles suivantes :

- Eviter de cultiver deux fois de suite une plante de la même famille afin de limiter la propagation des ravageurs et des maladies souvent propres à une famille de plantes.
- Eviter de cultiver deux fois de suite une plante pour le même organe (fruit, feuille, racine) afin que les mêmes éléments minéraux ne soient pas exportés. La fertilité du sol est alors bien valorisée et maintenue et la structure du sol est préservé.
- Planter « en tête » de succession les cultures gourmandes afin de valoriser l'apport de matière organique, compost ou fumier recyclé.
- Alternier les plantes « nettoyantes » et les plantes « salissantes » afin de limiter l'enherbement des parcelles.
- Attendre suffisamment longtemps avant de cultiver à nouveau une même plante au même endroit.

En plus de ces règles, 2 facteurs importants sont à prendre en compte dans la programmation des successions :

- L'effet précédent : les effets positifs que la culture récoltée (précédent) peut avoir sur la culture à mettre en place.
Ex. : les effets positifs de la culture d'une légumineuse sur une culture de tomate ou de courge ;
- La sensibilité du suivant : toutes les cultures ne réagissent pas de la même manière aux effets de la culture précédente.

Ex. : la succession oignon après une légumineuse est à éviter

Pour plus de détails voir à partir de la page 111 de

www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Productions échelonnées dans le temps (sécurité alimentaire) • Diversification des revenus et diminution des risques liés à la perte d'une récolte • Valorisation des différents éléments du sol • Valorisation de la main d'œuvre agricole disponible • Limiter la concentration des parasites et pathogènes sur les parcelles en interrompant leurs cycles de reproduction • Prospector le sol à différentes profondeurs, en alternant la culture de plantes ayant des systèmes racinaires différents : fasciculé et pivotant. Maintien ainsi la structure du sol • Réduire l'occurrence des adventices en faisant appel à différentes méthodes de lutte en fonction des cultures : paillage ; sarclage ; buttage • Assurer une bonne couverture du sol dans le temps et donc limite l'érosion des sols et favorise le développement de la micro-faune du sol | <ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de connaissance approfondie des plantes et de leurs interactions pour le choix des spéculations à adopter • Maîtrise des conditions climatiques • Nécessité de trouver diverses cultures rentables avec des débouchés commerciaux • Risque d'une augmentation de la charge de travail • Difficulté à mettre en place sur des petites superficies |

Quelques exemples

- Ce sont essentiellement des problèmes causés par les nématodes et par divers champignons du sol (fusarioses par exemple) qu'il faut redouter lorsque la rotation est trop courte. Et même une longue rotation peut encore poser des problèmes car beaucoup de cultures légumières sont sensibles aux nématodes à galles. Il faudra donc veiller à introduire dans la rotation des espèces tolérantes, comme la patate douce, le fraisier, l'ail, l'oignon, le maïs et aussi, l'amarante-épinard (*Amaranthus cruentus*), l'arachide de bouche. On peut aussi alterner avec des cultures de céréales qui n'attirent pas les nématodes ou d'arachides qui peuvent piéger certaines espèces.
- La jachère peut également entrer en considération à condition qu'elle soit maintenue propre (jachère travaillée ou pâturée) car de nombreuses espèces de mauvaises herbes peuvent favoriser la multiplication des nématodes et d'autres maladies.

Pour obtenir une jachère améliorée, une ou des espèces herbacées, arborées ou arbustives, ayant des propriétés améliorantes, sont introduites dans le champ en association ou en culture dérobée de la culture principale ou après la récolte. Les légumineuses sont particulièrement adaptées du fait de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique dans le sol. Plus d'info dans fiche technique N° 7 de http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

- Biodésinfection des sols: Il s'agit introduction dans la rotation de plantes de service non hôtes des bioagresseurs cibles et/ou ayant la propriété de réduire le développement de certaines maladies ou de certains ravageurs telluriques. Voir Fiche technique 2 dans <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>
- Un engrais vert (comme le Sorgho X Sudan-grass, d'abord coupé sur place puis enfoui) permettra de diminuer le potentiel infectieux du sol en *Pseudomonas solanacearum*, *Pythium apharnidermatum* et nématodes et sera très utile dans une rotation typique de légumes en milieu tropical.
- Des plantes pièges, comme un cycle complet de culture d'arachide ou des semis répétés de tomates arrachées 3 semaines après levée, permettent de réduire les populations de *Meloidogyne* dans le sol.
- Exemples tirés de : Fiche technique 17 Rotation et association dans <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>
 - Exemples d'espèces intéressantes à insérer dans la rotation :
 - pois et haricot pour enrichir le sol en azote,
 - maïs et canne à sucre pour assainir le sol,
 - arachides, radis ou navet pour piéger les nématodes,
 - œillet d'Inde (*Tagetes* sp.) pour repousser les nématodes.
 - Exemples de rotations conseillées :
 - concombre / igname / roquette / piment,
 - persil / poivron / radis / haricot,
 - tomate / laitue / patate douce / maïs,
 - chou / radis / pois / laitue.
 - Exemples de rotations à éviter :
 - aubergine / tomate,
 - solanacées / cucurbitacées.

4.2.3.2. Cultures dérobées

L'implantation en dérobé de cultures appartenant à des familles botaniques différentes des cultures principales constitue un accroissement de la biodiversité domestique» (Troussard, M. *at. al.*)⁹⁴.

Une première culture est mise en place, puis une deuxième, alors que la première culture a atteint le stade reproductif mais n'est pas encore récoltée (ex. : luzerne + navet); la deuxième culture se développe sans être gênée après la récolte de la première. La mise en place de la deuxième culture dépend de sa vitesse de croissance et de la longueur du cycle de la première culture.⁹⁵

94 http://agropes.clermont.cemagref.fr/mw/index.php/Implanter_des_cultures_d%C3%A9rob%C3%A9es_ou_double-cultures

95 www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Les cultures dérobées, doubles ou intermédiaires sont considérées comme étant des plantes de services. Elles sont implantées entre deux cultures principales de la rotation.

La culture dérobée a pour vocation de valoriser la production alors que ce n'est pas le cas pour la culture intermédiaire. Les premières sont soit des cultures à cycle court soit des cultures à valorisation fourragère. Les secondes sont des plantes également à cycle court dont l'intérêt est d'avoir une floraison rapide et abondante.

L'objectif des cultures doubles est de limiter le développement des adventices tout en permettant le développement de la plante cultivée.

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Entrave la croissance des adventices • Participent à la couverture permanente du sol tout en produisant une culture supplémentaire. • Participent au maintien de la biodiversité végétale et animale en tant que refuge potentiel. | <ul style="list-style-type: none"> • Consomme une partie de l'eau destinée à la culture principale • Les opérations culturales supplémentaires pour les cultures dérobées (travail du sol, récolte...). |

4.2.4. Réserver une part la plus importante possible de l'exploitation aux espèces et variétés patrimoniales locales

L'importance des espèces et variétés locales pour l'équilibre et la résilience des agricultures traditionnelles a fait l'objet d'un regain d'intérêt récent. Si les années 1970 et 1980 avaient prédit le remplacement rapide des variétés dites rustiques par des variétés améliorées adaptées à l'intensification, force est de constater qu'il n'en a rien été dans de nombreuses situations. L'utilisation d'une diversité d'espèces locales dans des agrosystèmes eux-mêmes diversifiés constitue une assurance de production de nourriture dans un environnement incertain.⁹⁶

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Conservation « in situ » du patrimoine génétique • Résistance aux effets néfastes des changements climatiques • Socio-écono-culturels • Meilleure résistance aux parasites et maladies | <ul style="list-style-type: none"> • Rendements faibles • Plus de travail • Nécessité de disponibilité en terres suffisantes pour ce genre d'espèces et variétés • Difficulté d'accès aux semences certifiées ou pas |

Quelques exemples et références

Il y a des initiatives en place dans plusieurs pays qui regroupent des amateurs et des professionnels pour conserver et cultiver « in situ », des variétés traditionnelles. Cette pratique est de nature à préserver la biodiversité.

96 Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture – Etienne Hainzelin coord. – Edition QUAE.

4.3. COMMENT FAVORISER LA BIODIVERSITÉ SAUVAGE DANS LES EXPLOITATIONS

De manière générale une gestion efficace des ressources en terres (lutte contre l'érosion, fertilisation organique, rotation des cultures, association des cultures etc.) et en eau (gestion intégrée, traitement phytosanitaire écologique, etc.) constitue un préalable pour la préservation de la biodiversité sauvage. Des mesures visant la maximisation de la production diversifiée de la biomasse et de l'éco-volume contribueraient à enrichir la biodiversité sauvage. Le travail du sol léger, l'agroforesterie, la gestion de la matière organique (pas de feu de brousse ni écobuage) et la réduction de l'utilisation des produits chimiques tels que les engrais minéraux, et les pesticides auront un important impact positif sur la préservation ou la restauration de la chaîne trophique.

Par ailleurs, la mise en place des structures et mesures de lutte contre l'érosion (fossés antiérosifs, terrasses radicales, haies vives, bandes enherbées, cordons de pierres, cultures fourragères le long des structures antiérosives, agroforesterie etc.) contribuerait très positivement à la préservation et restauration de la biodiversité.

On distinguera ici deux grands types de biodiversité sauvage qui doivent être favorisées :

1. La biodiversité sauvage dite para-agricole qui concerne la diversité des organismes vivants jouant un rôle important dans les agro-éco-systèmes. Il s'agit essentiellement des auxiliaires de culture et des organismes jouant un rôle important pour la fertilité des sols.
2. La biodiversité dite extra-agricole qui concerne les organismes vivants au sein de l'exploitation, ne jouant pas un rôle important dans les agro-écosystèmes. Il s'agit de la biodiversité dite « patrimoniale ».

Les deux types de biodiversité peuvent être favorisées en intervenant au sein de l'exploitation au niveau des IAE/UAE ; des Produits de Protection des Plantes et des fertilisants dans les espaces cultivés ; des espaces occupés par des cultures pérennes (vergers etc.).

Cependant il faut bien se rendre compte que l'aménagement de l'environnement doit tenir compte des cultures en place, de la région, du climat. Il n'y a pas de modèle unique. Quand il n'y a pas d'expériences/exemples connus dans la zone de production, il est conseillé de réaliser des observations locales et des essais préalables, à petite échelle, avant toute application plus large à l'exploitation.

4.3.1. Aménagements et pratiques favorables aux deux types de biodiversité sauvage au niveau des IAE/UAE

Ce sont les éléments les plus importants dans une exploitation pour y favoriser la biodiversité sauvage. La plupart sont favorables aux deux types de biodiversité sauvage mentionnés précédemment. Les différents types d'IAE/UAE sont décrits dans les chapitres 2 et 3 de ce manuel. On peut citer parmi les plus importants : les haies naturelles ou semi-naturelles, les bosquets, les milieux humides et les bandes enherbées.

4.3.1.1. Les haies naturelles ou semi-naturelles

Ce sont les infrastructures agroécologiques les plus importantes pour une exploitation. Richesse esthétique mais aussi écologique, les haies variées servent de refuge et de garde-manger à de nombreux oiseaux et animaux, contribuant ainsi à préserver la biodiversité. Gros avantage, l'entretien des haies libres est très facile puisqu'elles ne nécessitent pas de tailles régulières et répétées.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Protège contre l'érosion hydrique et éolienne • Habitats/niches des insectes et oiseaux • Fourrages pour les animaux • Amélioration de la fertilité des sols • Favorise l'aération du sol et l'amélioration de la vie microbienne du sol • Pollinisation : la haie est favorable au développement d'une flore variée, ce qui permet le développement des insectes pollinisateurs • Préservation de la ressource en eau : évite le ruissellement, favorise l'infiltration d'eau • Permet de connecter les habitats entre eux • Apporte de la matière végétale pour le paillage ou le compostage • Production de bois : Chauffage, piquets, plaquettes, BRF (Bois Rameaux Fragmentés) • Apporte des ressources variées (fruits, plantes bio-pesticides...) | <ul style="list-style-type: none"> • Abris possibles de certains ravageurs des cultures • Diminution de la superficie disponible pour les cultures • Nécessite un entretien régulier même limité • Demande un temps d'implantation relativement long (1 à 2 saisons) • Représente un coût si les plants doivent être achetés • Nécessite une main d'œuvre importante (plantation, arrosage, élagages) • Nécessite d'être propriétaire du foncier • Augmentation de la concurrence entre la bordure de la parcelle et l'aménagement |

- Contrôle des bio-agresseurs: zone refuge pour les auxiliaires des cultures (coccinelles, syrphes, chrysopes, carabes...)
- Protège les cultures des dégâts des animaux
- Régulation du micro climat: effet brise vent, régulation thermique, abris pour le bétail...
- Permet des économies d'arrosage (par réduction de l'évapotranspiration)
- Qualité de l'eau: dégradation des résidus organiques et des produits phytosanitaires grâce à l'activité biologique
- Limitation par les haies des pollutions générées par les intrants fertilisants et phytosanitaires
- Gaz à effet de serre: joue un rôle très important dans le stockage du carbone.
- Paysage: souligne les éléments topographiques, augmente la diversité, l'hétérogénéité et l'attrait touristique des paysages

Quelques exemples et références

Certains auteurs distinguent les différents types de haies suivantes; haie brise-vent, haie de protection, haie de production de biomasse :

Exemple 1 : La haie brise-vent :

Haie perpendiculaire au vent dominant; elle sert à « briser » les vents dominants pour protéger les cultures. Un brise-vent protège une culture sur une distance derrière la haie d'environ 10 à 20 fois sa hauteur (soit sur 20 à 40 m pour une haie de 2 m de haut). Les brise-vents sont plantés en ligne simple ou en double rangée. L'espacement des arbres est généralement plus élevé que pour les haies de protection (1 plant par m²). Lorsqu'il y a double rangée, planter les lignes en quinconce avec un espace d'interligne de 1,5 m. Attention, un brise-vent trop dense, et donc imperméable, provoque des dégâts sur les cultures (création de tourbillons).

Ex. d'essences : *Jatropha*, *Acacia*, *Azadirachta* (Neem), *Parkinsonia*, *Tephrosia*... à planter en association.

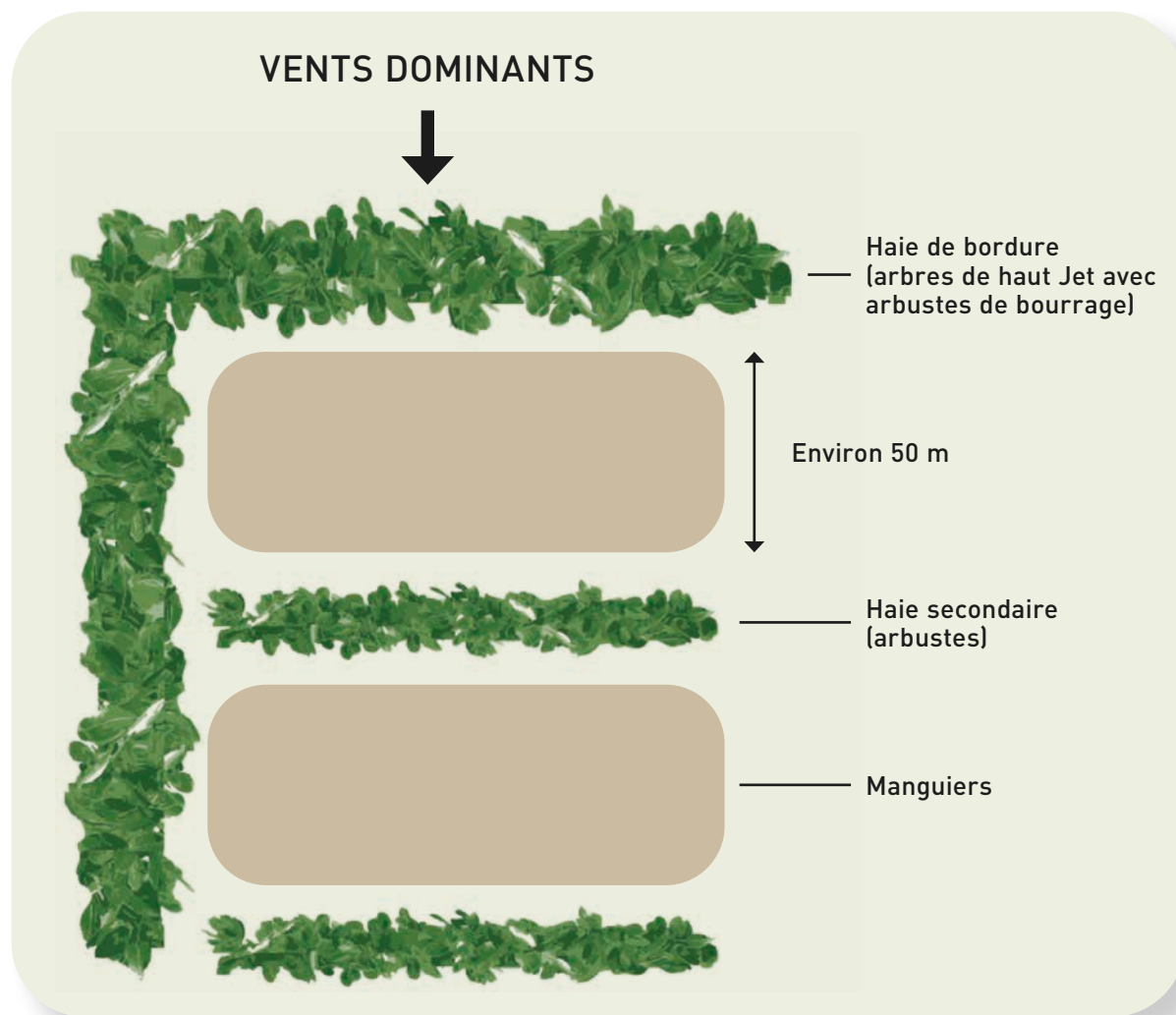


Figure 8 : Dispositions des brise-vents primaires et secondaires dans un verger

Source : Guide de production intégrée de mangues à la Réunion D. Vincenot, F. Normand Ed. Armefflor – Cirad – Chambre d'agriculture de la Réunion 2009

<https://reunion-mayotte.cirad.fr/publications-ressources/edition/guides-techniques/production-integree-de-mangues>

Exemple 2 : La haie de protection :

Généralement plantée en complément des barrières telles que barbelés et grillages, elle est constituée d'épineux ou d'essences souvent non appréciées par les animaux en divagation ; elle sert à empêcher l'entrée du bétail dans les jardins.

Ex. d'essences : *Acacia mellifera*, *Acacia nilotica*, *Acacia macrostachya*, Euphorbe (par ex. *Euphorbia tirucalli*), Gommier (*Acacia senegal*), Prosopys, Jujubier, Cactus, Sisal...

Voici quelques exemples de haies d'épineux : tamarin d'Inde (*Pithecellobium dulce*), épine de Jérusalem (*Parkinsonia aculeata*), mahakaranda (*Carissa carandas*), pomme cafre (*Dovyalis caffra*), agaves et Yucca...

Le campêche (*Haematoxylum campechianum*) fournit des haies impénétrables et odorantes, au moment de la floraison

Tableau 4: Quelques exemples d'essences utilisables pour les haies en climat tropical

| Zones | Essences utilisables |
|-------------|---|
| Zone sèche | <i>Acacia senegal</i> (gommier), <i>Prosopis africana</i> , <i>Parkinsonia aculeata</i> , <i>Calotropis procera</i> (euphorbe), <i>Agave sisalana</i> (sisal), <i>Azadirachta indica</i> (neem), <i>Jatropha curcas</i> |
| Zone humide | <i>Crotalaria grahamiana</i> , <i>Cajanus cajan</i> , <i>Acacia dealbata</i> , <i>Dodonaea madagascariensis</i> , <i>Glyricidia sepium</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Sesbania rostrata</i> , <i>Tephrosia candida</i> , <i>Flemingia congesta</i> , <i>Acacia mangium et auriculiformis</i> |

Source : www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Exemple 3 : La haie de production de biomasse :

Généralement plantée à proximité des compostières ou des parcelles, elle est régulièrement élaguée ; les émondes servent à la fabrication du compost ou à l'application de paillage. Elles doivent être denses : 2 à 3 plants par mètre linéaire. Planter les jeunes arbres à raison d'1 plant chaque mètre sur 2 rangées en quinconce. Ces deux lignes sont espacées de 0,8 m.

Ex. d'essences : arbustes légumineux, *Tephrosia*, *Leucaena*, *Flemingia*, *Glyricidia*, *Acacias*...

Choix des essences

Lors de l'implantation de ces différents types de haies il faudra aussi tenir compte lors du choix des essences des autres utilités de celle-ci; comme par exemple la possibilité de les utiliser comme plantes insecticides ou comme plante favorisant les auxiliaires des cultures.

- Quelques exemples de plantes arbustives pouvant servir pour produire des biopesticides: neem, pourghère, *Tephrosia vogelii*.

Le neem est utilisable pour la production de bois de service et de bois de chauffe. Cependant son envergure doit inciter le producteur à le contrôler sur le site ou à le cantonner à l'extérieur en tant que brise-vent.



Figure 9: Une haie de *Tephrosia vogelii* ou Buba (Swahili) protégeant les champs des fruits et légumes, les maraichers l'utilise comme bio pesticide à la ferme Greeze - Lubumbashi, République Démocratique du Congo
Source : Grégoire Mutshail Mutomb

- Quelques exemples de plantes arbustives attirant des auxiliaires et des pollinisateurs des cultures :
 - *Tithonia diversifolia* est une espèce végétale de la famille des Astéracées originaire d'Amérique centrale. Elle est souvent plantée en haie de protection organisée

Elle a été introduite dans plusieurs pays africains comme plante ornementale et s'est rependue surtout le long des axes routiers. Les fleurs attirent divers insectes pollinisateurs utiles à l'agriculture. Elle est aussi utilisée comme plante action fertilisante (engrais vert) et intervient aussi dans la lutte phytosanitaire (fongicide, insecticide, nématicide).

Références :



Figure 10: Une haie de *Tithonia* sp. protégeant une culture de céleri à la ferme Greeze à Lubumbashi, République Démocratique du Congo
Source: Grégoire Mutshail Mutomb

- *Moringa oleifera*:
Les fleurs de cet arbre sont une bonne source de nectar pour les abeilles
- <https://abeillesetmiel.blogspot.com/2018/01/le-moringa-un-arbre-tres-mellifere.html>

- *Acacia mellifera* :

Tous les acacias sont mellifères à des degrés divers ; l'un d'eux porte même le nom évocateur d'*Acacia mellifera* ; comme ils sont souvent maintenus dans les jachères au titre d'arbre multi-usage, ils peuvent être à l'origine d'une production importante de miel ; de manière générale, la famille des Mimosaceae recèle beaucoup d'espèces mellifères⁹⁷.

Références sur *Acacia mellifera* :

- *Acacia mellifera*. Agroforestry Database 4.0 (Orwa et al.2009) - http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Acacia_mellifera.PDF
- Centre d'Échange d'Informations sur la Biodiversité du Niger. Convention sur la Diversité Biologique. *Acacia mellifera* - <http://ne.chm-cbd.net/biodiversity/la-diversite-biologique-vegetale/les-especes-vegetales-et-leurs-utilites/acacia-mellifera>
- *Senegalia mellifera* subsp. Detinens - <http://pza.sanbi.org/senegalia-mellifera-subsp-detinens>
- Légumineuses arbustives (systèmes agro-forestiers) : les légumineuses enrichissent le sol en azote (*Glyricidia*, *Acacia mangium* et *auriculiformis*).
- Arbres fruitiers (complémentarité des revenus fruits / légumes) : les arbres à petit développement sont recommandés pour les haies à l'intérieur des parcelles (ex. goyaviers, grenadiers, agrumes), les grands arbres sont placés en périphérie si la place le permet (ex. manguiers) ;
- Arbres fourragers (complémentarité cultures / élevage) : les espèces légumineuses sont à privilégier (*Faidherbia albida*, *Glyricidia*, *Leucaena*...).
- Moringa : particulièrement intéressant puisqu'il peut être régulièrement rabattu ce qui lui confère un port peu étendu avec de nombreuses branches pour la production de feuilles comestibles. Références :
Tout sur la culture du Moringa bio
<https://www.moringa.biologique.bio/culture-plantation/> ;
Production et transformation du Moringa
https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1926_PDF.pdf.

97 Jachères, produits de cueillette et biodiversité.
<http://books.openedition.org/irdeditions/3320?lang=fr>

Recommandations techniques pour l'implantation

Dans la plupart des cas les haies existantes en Afrique sont naturelles, donc avant d'aborder les étapes de plantation d'une haie nouvelle, il est primordial de rappeler que le maintien et l'amélioration des haies existantes sur l'exploitation est prioritaire.

1. **Période d'implantation** : bien définir les périodes de la plantation hors période de forte pluviosité et grande sécheresse et d'engorgement du sol. Par exemple en climat à saison sèche marquée les haies implantées en début de saison pluvieuse (juste après une bonne pluie), afin de permettre au plant une bonne reprise avant la période sèche.
2. **Préparation du sol** : Il faut travailler le sol profondément (sous solage réalisé à 60-80 cm, labour à 25 cm au moins, reprise de labour), et compléter par un hersage ou un passage de motobineuse pour affiner le sol, sur une largeur de 2m50. Le paillage est ensuite possible.
3. **Implantation** : Composition de la haie, choix des essences : il faut choisir les espèces à planter en fonction du sol, du climat et des objectifs attendus (largeur et hauteur de haie). Il est nécessaire de privilégier les essences locales qui résistent mieux aux parasites et sont plus adaptées au sol et au climat (il suffit de regarder autour de soi pour définir quelle(s) essence(s) seront les plus adaptées). Ces essences favoriseront la présence d'auxiliaires adaptés aux cultures.

Il est important d'associer les espèces pour constituer une haie composite ou pluri-spécifique en choisissant des arbres de haut jet, des arbres menés en taillis et en cépées (c'est-à-dire taillés à ras de terre, de sorte que les arbres repoussent en formant beaucoup de nouveaux rameaux depuis leur souche) et des arbustes, des espèces caduques et des persistantes, des espèces à baies, des épineux. Les strates buissonnantes et herbacées sont essentielles. Ce type d'association satisfait aux conditions nécessaires à la réalisation du cycle de vie de nombreuses espèces, notamment aux auxiliaires.

Conseils de plantation :

Les haies peuvent être mises en place :

- par semis direct (poquets espacés de 50 cm à 1 m en fonction de l'usage de la haie). Ex : *Moringa*, *Acacia mangium* et *auriculiformis*, *Leucaena* ;
- par bouture (ex : *Glyricidia*) ;
- par plantation en mottes.

Les jeunes plants (1 à 2 ans ; hauteur = 40 à 120 cm) doivent être plantés sous paillage, sur 1, 2 ou 3 rangs, pour une haie large de 2-3 m. Il faut écarter les plans de 5 à 10 m pour les arbres de hauts jets, de 2 à 5 m pour les arbres de cépée et de 0,5 à 1,5 m pour les arbustes. La densité de plantation des arbres ne devra pas gêner les cultures. Une largeur de 5 m pour une haie 3 rangs est considérée comme optimale pour la biodiversité, mais ceci n'est généralement réalisable que dans les espaces dédiés aux grandes cultures pluviales.

Pour les plants en mottes :

- Effectuer une trouaison d'environ 30 cm x 30 cm x 30 cm (en fonction du développement futur du plant).
- Planter le plant en gardant le collet au niveau du sol et en veillant à bien tasser la terre pour éviter la présence d'air et favoriser le contact terre-racine. En zone sèche, laisser une cuvette permettant la collecte des eaux de pluie et le maintien de l'humidité dans le sol. En zone humide, planter sur buttes (cuvette au sommet de la butte).
- Arroser en cas de faible pluviométrie, il est nécessaire d'apporter de l'eau au moins une fois par semaine (2 fois pendant les premières semaines). Les plants seront alors capables de résister à la sécheresse.
- Protéger les jeunes plants qui ne sont pas à l'abri des animaux en divagation (branchages, filets, paniers...).

Il faut aussi pailler le sol en choisissant un paillage naturel : paille de céréales, paille d'*Imperata cylindrica*, copeaux de bois, écorce, plaquettes si possible ou paillage à base de feuilles d'origine végétale. Le paillage synthétique ou plastique est à proscrire car il n'est pas biodégradable et nécessite par la suite d'être retiré. De plus, la plantation sans plastique permet un recépage naturel de la haie et l'installation d'une flore diversifiée. Une vérification du paillage et une surveillance des adventices pendant les 3 premières années sont primordiales.

Regarnir après un mois ou au début de la saison pluvieuse de l'année suivante. L'expérience montre qu'un certain nombre de plants meurt durant la première année, il est donc nécessaire de procéder au regarnissage.

Entretien de la haie

Il diffère selon les objectifs de la haie et le matériel utilisé ; chaque haie doit être entretenue différemment en fonction de ses spécificités. L'entretien doit avoir lieu en dehors des périodes clés pour la faune sauvage comme la nidification et avant la montée de la sève, une fois que les baies ont été consommées. Il doit être régulier pour éviter que les branches n'atteignent des diamètres trop importants.

Elaguer les arbres en fonction du port voulu pour le plant, voir tableau ci-après.

Tableau 5 : Travaux d'élagage pour les haies

| Types de haie | Port caractéristique | Travaux d'élagage |
|-------------------------|----------------------|--|
| Haie vive de protection | Buissonnant | Ecimer régulièrement les plants à 1,2 – 1,5 m |
| Brise-vent | Haut | Couper les branches en surnombre pour préserver une perméabilité au vent de 40 % (appréciation visuelle) |

Source: www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Les tailles d'entretien (émondages) ont généralement lieu en début de saison pluvieuse. Mais pour la production de biomasse et la protection du site, il est nécessaire de réaliser des tailles régulières en fonction du développement de la haie.

Il est conseillé de ne pas récolter les branches mortes tombées au sol. Il est conseillé de laisser quelques lianes tant que celles-ci n'affaiblissent pas les arbres et arbustes. Il est conseillé de faucher les herbes du pied de la haie chaque année après la saison des pluies.

Il est primordial de conserver les arbres morts et creux qui constituent des habitats ; les cavités humides offrent à boire aux papillons, les larves de certains syrphes vivent dans les arbres sénescents tout comme les espèces chauves-souris et les insectes saproxyliques (insectes dépendant, durant une partie au moins de leur cycle de vie, de la décomposition du bois mort ou déperissant et des organismes associés). Ils abritent, par ailleurs, des champignons, mousses, lichens et fougères. Chaque pièce de bois mort engendre une biodiversité différente en fonction de l'essence de l'arbre, de la taille et de la position de la pièce de bois, son degré d'ensoleillement et de décomposition, sa teneur en eau, la nature du champignon qui la dégrade.

4.3.1.2. Les bosquets

Les bosquets sont de petits massifs boisés d'une superficie comprise entre 5 ares et 50 ares. Au-delà de 50 ares il faudra considérer l'espace comme étant une forêt, mais qui ne pourra plus être considérée comme étant une IAE. Voir annexe 10.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Habitats/niches des insectes et oiseaux • Production ligneuse • Limite l'érosion des sols • Pollinisation : favorable au développement d'une flore variée, ce qui permet le développement des insectes pollinisateurs • Préservation de la ressource en eau : évite le ruissellement, favorise l'infiltration d'eau, favorise le ressuyage des sols • Préservation de la diversité biologique : favorise le développement de la faune (habitat et nourriture) et d'une flore diversifiée • Production de bois : Chauffage, piquets, plaquettes, BRF (Bois Rameaux Fragmentés). • Production de fruits • Contrôle des bio-agresseurs : zone refuge pour les auxiliaires des cultures (coccinelles, syrphes, chrysopes, carabes...) • Régulation du micro climat : effet brise vent, régulation thermique, abris pour le bétail... • Qualité de l'eau : dégradation des résidus organiques et des produits phytosanitaires grâce à l'activité biologique. Limitation par les haies des pollutions générées par les intrants fertilisants et produits phytosanitaires • Gaz à effet de serre : joue un rôle important dans le stockage du carbone • Paysage : augmente la diversité et l'hétérogénéité des paysages | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la superficie disponible pour les cultures |



Figure 11 : Bosquet de rôniers au Sénégal
Source : Gora Ndiaye

Recommandations techniques pour l'implantation

1. **Période d'implantation** : la plantation comme une haie, hors période de beaucoup de pluviosité et de sécheresse et d'engorgement du sol. En zone tropicale ce sera généralement en début de saison des pluies.
2. **Préparation du sol** : celle-ci s'effectue avant la saison des pluies. Le labour n'est pas absolument nécessaire pour la plantation du bosquet. Toutefois, on peut travailler le sol profondément (sous solage réalisé à 60-80 cm, labour à 25 cm au moins, voire reprise de labour), et éventuellement compléter par un hersage ou passage de motobineuse pour affiner le sol.
3. **Implantation** – Les bosquets dans les exploitations seront généralement implantés dans les parties des terres moins propices aux cultures. Composition, choix des essences : Il faut choisir les essences arbustives selon les caractéristiques du site d'implantation du bosquet. Il ne faut pas planter d'espèces exotiques, mais privilégier les essences locales qui résistent mieux aux parasites, qui sont plus adaptées au sol et au climat, et qui répondront mieux aux besoins alimentaires de la faune locale. Il faut donc porter son choix sur des essences productrices de baies, de fruits sauvages, ou mellifères, favorables à un grand nombre d'espèces. L'attractivité pour la faune dépendra des espèces implantées.

Conseils de plantation

Il est préférable de réaliser une plantation en modules de boisement, formule plus variée dans la composition et la forme, qui laisse mieux passer la lumière, au sein du boisement, favorable au développement d'une végétation basse diversifiée. Une plantation aléatoire des arbres et arbustes est plutôt conseillée, avec des zones denses et des zones lâches pour offrir une diversité maximale de biotopes. Si la plantation se fait sous forme de bandes, il faut espacer ces bandes de plantation de 1 m (la largeur de la bande faisant 80 cm). Si elle se fait sous forme carrée, les plants devront être espacés de 80 cm à 1,50 m.

Il ne faut pas utiliser de paillage plastique lors de la plantation mais préférer des paillages biodégradables ou aucun paillage.

Entretien

La non intervention s'avère plus favorable à la biodiversité dans ce type de milieu. Quand il est nécessaire, l'entretien doit être le moins fréquent possible. Le désherbage chimique du bosquet, boqueteau ou buisson est à proscrire, même en bordure (il faut conserver une bande herbeuse, même petite).

Il est primordial de conserver les arbres morts et creux qui constituent des habitats pour les chouettes hulottes et chevêche. Les cavités humides offrent à boire aux papillons, les larves de certains syrphes vivent dans les arbres sénescents tout comme les chauves-souris et les insectes saproxyliques (insectes dépendant, durant une partie au moins de leur cycle de vie, de la décomposition du bois mort ou déperissant et des organismes associés). Ils abritent par ailleurs des champignons, mousses, lichens et fougères. Chaque pièce de bois mort engendre une biodiversité différente en fonction de l'essence de l'arbre, de la taille et de la position de la pièce de bois, de son degré d'ensoleillement et de décomposition, de sa teneur en eau et de la nature du champignon qui la dégrade.



Figure 12: un bosquet au milieu d'un champ de maïs protégé par les agriculteurs de l'ONG CTD à Lubumbashi, République Démocratique du Congo
Source: Grégoire Mutshail Mutomb

4.3.1.3. *Les milieux humides (mares, étangs, fossés etc.)*

Les milieux humides n'ont pas la cote auprès du grand public qui les considère comme des cloaques malodorants, des nids à moustiques ou tout simplement des zones non productives. Et pourtant, les milieux humides jouent un rôle fondamental dans la régulation du régime de l'eau et possèdent une grande diversité...

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Gestion/utilisation efficiente de ressources en eau • Petite irrigation • Productions halieutiques • Elevage de poissons comme source de protéines • Production de compost très riche en condition anaérobique sur le fond de l'étang • Préservation de la diversité biologique: favorise le développement de la faune et de la flore inféodées aux milieux humides • Prélèvement d'eau: Les mares permettent d'abreuver les troupeaux • Les mares peuvent également servir de réserves d'eau contre les incendies • Régulation du niveau des eaux: limite le ruissellement, participe à l'écrêtage du niveau des crues • Paysage: augmente la diversité et l'hétérogénéité des paysages. • Les mares améliorent le cadre de vie, permettent des activités pédagogiques, touristiques... | <ul style="list-style-type: none"> • Plus de travail • Développement possible de la malaria ou autres maladies liées à l'eau • Danger de noyade pour les enfants • Odeurs |

Recommandations techniques pour les fossés

Adapté de: IBIS. Fossés de drainage et autres fossés - http://www.hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/Fosseesdrainageautres_OK.pdf

Pour ce qui est de l'entretien du fossé en lui-même: La profondeur du fossé doit être maintenue entre 40 cm et 70 cm. Le fossé doit être entretenu deux fois par an. Lorsqu'ils deviennent nécessaires (tous les 5 à 10 ans) les curages se font par tronçons (de moins de 100 m) et lorsque le fossé est à sec. Seul le tiers inférieur du fossé est nettoyé par creusage. La vase issue du curage est étalée plutôt que stockée en tas, cela favorise la reprise de la végétation au travers des graines ou de la microfaune que contient cette vase. Attention à ne surtout pas utiliser ces sédiments pour rehausser les talus et les berges.

Pour l'aménagement et l'entretien des abords immédiats : Afin d'optimiser les effets bénéfiques de la protection des fossés, la différenciation est le maître mot : différenciation des couverts implantés ou laissés libres en bord, différenciation des moments et des modes d'intervention. L'idéal est d'implanter une ripisylve, des joncs, roseaux ou une bande enherbée sur une largeur d'au moins 5 m. Au minimum, une bande non cultivée, d'au moins 1 m sera maintenue. Il faudra veiller à l'alternance de zones boisées et non boisées afin de favoriser une diversité d'espèces. L'entretien du couvert herbacé se fera de préférence par fauchage avec exportation des résidus ou par broyage, si possible tous les 2 ans et en alternance entre les rives afin d'éviter l'obstruction du fossé en aval et de laisser un refuge pour les insectes. Les berges des fossés bordant des pâtures seront protégées si nécessaire par une clôture pour éviter le piétinement des berges et la pollution directe du fossé par de la matière organique.

Sur l'entretien des abords L'usage de traitements chimiques (herbicides, pesticides) est à proscrire et la fertilisation doit être limitée afin de faciliter le développement d'une flore variée.

4.3.1.4. *Les bandes enherbées*

Une bande enherbée (BE) est un couvert végétal multifonctionnel composé d'une flore adaptée aux caractéristiques spatiales de la parcelle, à son environnement ainsi qu'aux exigences de l'exploitant. Ce dispositif montre un intérêt environnemental indiscutable notamment sur la qualité de l'eau, l'érosion du sol et sur la protection de la faune.

Les espèces végétales pourront être choisies de façon à privilégier différentes espèces comme les insectes auxiliaires ou la petite faune sédentaire par exemple. Il est également possible de laisser la végétation spontanée repousser. La bande enherbée peut, en effet, représenter un refuge ou un habitat pour certaines espèces végétales. En fonction des espèces et de leur entretien, la faune sauvage pourra être favorisée.

Les BE permettent de créer des espaces où les insectes auxiliaires se développent mais parfois également peut-être certains ravageurs. Ces espaces servent de «base arrière» pour une régulation biologique des ravageurs des cultures. Par ailleurs, une BE permet d'enrichir le sol en faune lombricienne. Les vers de terre améliorent la porosité des sols, favorisant la circulation de l'air et de l'eau et constituent une ressource alimentaire importante pour nombre d'animaux.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Fertilité des sols : limite l'érosion des sols, favorise le développement de la micro-faune du sol, améliore la structure et la porosité du sol. • Pollinisation : amélioration de la diversité floristique au cours du temps, favorable aux abeilles et aux autres auxiliaires des cultures. • Préservation de la ressource en eau : améliore l'infiltration et la rétention d'eau, limite le ruissellement. • Préservation de la diversité biologique : favorise le développement de la faune et de la flore, permet de connecter les habitats entre eux. • Contrôle des bio-agresseurs : zone refuge pour les auxiliaires des cultures (carabes, syrphes,...). • Qualité de l'eau : dégradation des résidus organiques et des produits phytosanitaires grâce à l'activité biologique. • Gaz à effet de serre : stockage de carbone. • Paysage : les BE augmentent la diversité des paysages, améliore l'image de l'agriculture. | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la production agricole si en remplacement d'une surface productive. |

Recommandations techniques

Les espèces végétales qui se développeront vont dépendre du milieu et de l'historique de la bande enherbée. Elles dépendront évidemment aussi des espèces semées et de la densité de semis. Il faudra s'attendre à ce que les espèces végétales présentes au cours du temps évoluent. Le choix des espèces implantées sur la bande enherbée pourra donc être orienté en fonction des cultures présentes sur les parcelles adjacentes et des espèces que l'on souhaitera favoriser : des couverts fleuris fourniront de la nourriture pour les pollinisateurs, eux-mêmes pouvant servir de nourriture aux oiseaux insectivores ou à leurs jeunes. Un couvert fournissant des graines servira de nourriture aux oiseaux granivores. La densité du couvert et son entretien permettront également de favoriser certaines espèces ou certains besoins écologiques plutôt que d'autres.

L'adaptation de la largeur de la BE (entre 5 et 10 m pour les grandes cultures) aux caractéristiques de la parcelle et du territoire est déterminante pour son efficacité, particulièrement sur l'interception des ruissellements. Sa largeur doit être adaptée

en fonction des différents éléments du paysage : longueur et importance de la pente, largeur de la rivière, caractéristiques des pluies, impluvium, type de sol et de culture. Cependant, une action optimale sur la qualité de l'eau pourra être obtenue avec une largeur de 10 mètres ; ce qui est possible seulement dans les grandes exploitations.

- **Caractéristiques de la flore** En cas d'implantation, on préférera les mélanges de graminées et légumineuses. Pour éviter les problèmes de salissement dans la parcelle cultivée, le couvert devra répondre aux caractéristiques suivantes : implantation facile et rapide, occupation régulière de l'ensemble de la surface, densité de végétation la plus régulière possible, bonne résistance à l'envahissement d'espèces végétales nuisibles à la parcelle et bonne longévité. Par ailleurs, les légumineuses sont intéressantes à employer dans une bande enherbée, surtout en sols pauvres. En effet, elles sont capables de fixer l'azote de l'air et donc d'améliorer la concentration en nutriments disponibles. Les graminées permettent de couvrir rapidement le sol et donc de limiter l'espace et les ressources disponibles pour les adventices.
- **Semis** - Pour le semis des mélanges, l'idéal pour une implantation régulière du couvert serait de réaliser deux passages, un pour les graines de graminées et un pour les graines de légumineuses. Les graines de légumineuses, plus coulantes que les graines de graminées, ne favorisent pas un mélange homogène des semences.
- **L'entretien.** Pour éviter le salissement de la parcelle adjacente, on assurera une bonne implantation de la BE, ne permettant pas le développement d'espèces adventices agressives. Il est également conseillé d'adapter son programme de désherbage en parcelles en surveillant les espèces qui se développent dans la bande. La date de fauche ou de broyage dépendra, avant tout, du stade de développement des mauvaises herbes dominantes. Ainsi, en présence d'adventices à problème, l'entretien se fera de façon à éviter la montée à graine. L'ajout d'engrais et de produits phytosanitaires est interdit. On préférera le fauchage au broyage. Il pourra être nécessaire d'exporter les produits de la coupe afin de ne pas étouffer le couvert.

4.3.2. Au niveau des Produits de Protection des Plantes dans les espaces cultivés

Les traitements phytosanitaires sont considérés comme l'un des responsables majeurs du déclin de la biodiversité dans les agro-écosystèmes des pays industriels (ESCo, synthèse, p 20, 2008). Ils sont des facteurs antagonistes de la biodiversité parce que tous les maillons biologiques (végétaux, consommateurs primaires et secondaires, décomposeurs), et tous les milieux (air, sols, eaux...) peuvent être touchés directement ou indirectement par les pesticides.

En effet, après son application au champ, selon la molécule et sa formulation, une fraction plus ou moins importante de la solution épandue est rapidement volatilisée, elle passe par le compartiment atmosphérique et retombe ailleurs sous forme de pluies. Une partie rejoint le sol et subit plusieurs types de circulation. Une fraction est absorbée par la plante qui peut la stocker, la transformer en métabolites eux-mêmes éventuellement toxiques, ou la véhiculer dans différents organes.

Une autre fraction passe dans la solution du sol, peut être métabolisée par les micro-organismes du sol ou peut percoler vers les eaux souterraines. Enfin une autre fraction peut être adsorbée sur les particules organiques et minérales du sol et va suivre alors plusieurs destins possibles : entraînement par érosion et ruissellement aboutissant à un relargage de la molécule en milieu aquatique ou/et rémanence résiduelle du produit dans le sol pendant une durée variable, dépendant du milieu et de la molécule. Ainsi, 10 à 70 % des pesticides peuvent être perdus au sol (Jensen, 2003) et jusqu'à 50 % des produits peuvent être perdus dans l'air sous forme de gouttelettes ou de gaz (Van Den Berg *et al.*, 1999, in ESCo « Pesticides, agriculture et environnement », chapitre 3, p34, 2005). Dispersés hors des champs par lessivage, volatilisation, érosion ou transferts biologiques (via les chaînes alimentaires), ces produits imprègnent aujourd'hui tous les milieux et tous les écosystèmes et constituent un véritable bruit de fond toxicologique et écotoxicologique.

Les herbicides totaux ont pour caractéristique de viser l'ensemble des végétaux présents sur la parcelle traitée et ont donc un effet négatif sur l'abondance et la richesse spécifique des plantes. Mais ils agissent également sur de nombreux autres taxons, de façon indirecte. En effet, comme les végétaux sont à la base de la chaîne alimentaire, leur suppression systématique perturbe particulièrement l'équilibre du milieu en supprimant toute ressource trophique et affecte ainsi la pédofaune, y compris les auxiliaires des cultures. En particulier, l'entomofaune (les insectes) des agroécosystèmes serait globalement plus affectée par les effets indirects des herbicides (Way et Cammell 1981, in ESCo chapitre 1, p22, 2008). L'application d'herbicides totaux est donc un désastre pour la biodiversité de la parcelle traitée.

Les herbicides spécifiques visent plus particulièrement un type de plante (par exemple les dicotylédones, ou les graminées). De fait, leur impact est a priori inférieur à ceux des herbicides totaux. Néanmoins, en éliminant de la parcelle un type de plante, ils diminuent la biodiversité végétale et créent un déséquilibre ce qui peut également nuire à la biodiversité de la faune.

Les insecticides, et autres molluscicides, acaricides, raticides, etc. sont destinés à tuer les ravageurs du règne animal, ce qui est défavorable à la biodiversité de la faune sur la parcelle traitée. Outre les animaux visés, les auxiliaires des cultures peuvent être affectés également, même dans le cas de molécules visant spécifiquement un type de ravageur. Ces effets non intentionnels, montrés par de nombreuses études (ESCo chapitre 1 p 19), ont des conséquences graves sur la biodiversité et sur l'équilibre global des agroécosystèmes.

Les fongicides touchent probablement une moins grande proportion de la biodiversité que les autres produits. Ils sont cependant nocifs pour la microflore bactérienne (Ahmed *et al.*, 1998; Bunemann *et al.*, 2006 in ESCo, chapitre 1, p25, 2008) ainsi que pour les champignons nécessaires au fonctionnement des sols.

Pour éviter l'impact de ces produits sur la biodiversité l'idéal serait de s'en passer ou de n'utiliser que des produits à très faible (ou nul) risque écotoxicologique. Malheureusement cela reste encore souvent difficilement réalisable du moins dans l'agriculture conventionnelle. La plupart du temps il faudra donc réduire les risques

liés à l'utilisation des Produits de Protection des Plantes en essayant de réduire le plus possible le nombre de traitements et les surfaces traitées. Ci-après sont donnés quelques exemples de pratiques permettant de réduire les perturbations des PPPs sur la biodiversité sauvage.

4.3.2.1. Les zones tampons

Certains espaces contigus aux parcelles cultivées et occupés par une végétation permanente sont en mesure d'atténuer les effets négatifs des PPPs. Ce sont les zones tampons.

Il peut s'agir de zones enherbées ou boisées. Elles peuvent par exemple protéger la qualité de l'eau ou préserver la biodiversité.

L'intérêt des bandes enherbées pour diminuer le transfert hydrique des pesticides vers les cours d'eau est confirmé (Patty, 1997). Comment est-ce que cela fonctionne ? D'après des simulations de ruissellement sur des zones tampons enherbées et boisées (Souiller, 2002, confirmé par Lacas *et al*, 2005), c'est surtout grâce à l'infiltration de l'eau dans la zone tampon (et éventuellement un peu grâce à l'adsorption des molécules à forte capacité d'adsorption à la surface de la zone tampon).

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Barrages à la libre diffusion des pesticides et des engrais solubles dans la nature • Limitation de la dérive aérienne des pulvérisations vers des zones sensibles • Ralentit l'écoulement de l'eau et facilite son infiltration dans le sol • Protège le sol contre l'érosion éolienne • Retient la fertilité dans la parcelle • Empêche l'ensablement des bas-fonds en contrebas • Fertilise la parcelle lorsque les bandes enherbées sont constituées de légumineuses • Peut avoir une fonction de production (fourrage, autre) | <ul style="list-style-type: none"> • Occupe de la place qui aurait pu être occupée par des cultures • Demande beaucoup de travail pour l'aménagement • Demande de la technicité • Charges pour l'entretien |

L'implantation de zones tampons sur une Aire d'Alimentation des Captages (AAC) ou un bassin versant s'inscrit dans une démarche plus générale, s'appuyant notamment sur un diagnostic de vulnérabilité du milieu aux écoulements, et une concertation entre les acteurs concernés, qui permettent d'assurer son efficacité. En effet, chaque type de zone tampon est plus ou moins efficace selon le type d'écoulement (ruissellement, drainage, écoulement diffus ou hydrauliquement concentré) et les pesticides considérés.

L'utilisation des PPPs ne doit être envisagée qu'en dernier recours. Des mesures préventives doivent être mises en place en premier lieu pour diminuer les risques d'apparition des ravageurs et maladies. Chaque fois que c'est possible, il faut réduire les dosages et les fréquences de traitement, notamment pour certains herbicides.

4.3.3. Au niveau des fertilisants dans les espaces cultivés

4.3.3.1. Pression d'azote en milieux cultivés

Contrairement au calcium, au phosphore et au potassium, l'azote pose un problème spécifique parce qu'il n'est pas stocké (adsorbé) par le complexe argilo-humique du sol et qu'il constitue un des tous premiers facteurs limitants des biosynthèses végétales. Les fertilisations azotées sont donc souvent (sur)abondantes ce qui entraîne de nombreuses pertes par lessivage (percolation dans les horizons profonds du sol), contaminant les aquifères et/ou les eaux superficielles situées en aval (50% du territoire national est classé en zone vulnérable au titre cartographie 2007 de la Directive nitrates⁴). L'eutrophisation de nombreux cours d'eau ou les proliférations d'algues côtières (marées vertes...), constituent alors des perturbations majeures des écosystèmes aquatiques.

La quantité d'azote (organique et minéral) épandue par hectare et par an est donc un indicateur majeur de l'impact des pratiques agricoles sur les eaux (et donc sur la biodiversité des milieux humides et aquatiques). En excès, l'azote fragilise également les végétaux cultivés (croissance rapide), les rendant plus sensibles aux attaques de ravageurs (pucerons) et induit le développement d'une flore nitrophiles (adventices à faible valeur écologique), qui suscite souvent l'emploi de pesticides. Globalement une augmentation de la fertilisation engendre une homogénéisation des milieux avec une disparition des espèces adaptées aux milieux pauvres en nutriments et le remplacement d'espèces spécialistes par des espèces généralistes. La fertilisation minérale azotée apparaît comme un des principaux facteurs responsables de la baisse de la richesse spécifique dans les parcelles, mais aussi dans les bordures adjacentes (ESCo, synthèse p20, 2008).

Voici quelques exemples de pratiques permettant de réduire les perturbations dues à la pression de l'azote sur la biodiversité sauvage :

Les zones tampons

Les zones tampons permettent d'éviter l'écoulement des eaux de surface qui peuvent être très chargées en azote. Les avantages et inconvénients des zones tampons ont déjà été présentés précédemment ainsi que les exemples et références.

L'apport en N par l'association de légumineuses aux cultures

Un exemple typique est l'association entre les céréales et les légumineuses. Au cours des dernières décennies, l'utilisation d'intrants a permis d'augmenter significativement la productivité des agro-écosystèmes, mais dans le cas de l'azote (N) et du phosphore (P), cette augmentation s'est accompagnée d'une diminution significative de l'efficacité de N et P. Cela est en partie lié à des pertes de N et P conduisant à des impacts négatifs sur l'environnement, tels que l'eutrophisation des eaux de surface, la pollution des nappes phréatiques ou l'émission de gaz à effet de serre. En vue de maintenir une productivité élevée des agro-écosystèmes, de la stabiliser tout en minimisant ces impacts négatifs sur l'environnement, il est nécessaire de développer des innovations pour cheminer désormais vers une «intensification écologique» des agro-écosystèmes, pour une meilleure efficacité d'utilisation des ressources en N et P du sol. Dans un peuplement complexe associant plusieurs variétés d'une même espèce, voire plusieurs espèces, il faut s'attendre, si celles-ci sont suffisamment différentes d'un point de vue fonctionnel, à ce que des interactions positives (facilitation, complémentarité) prennent le pas sur les interactions négatives (compétition) entre plantes. Il peut ainsi en résulter un meilleur partage des ressources du sol, comme nous l'avons étudié récemment dans le cas de cultures associées céréale-légumineuse. Dans un peuplement complexe associant plusieurs variétés d'une même espèce, voire plusieurs espèces, il faut s'attendre, si celles-ci sont suffisamment différentes d'un point de vue fonctionnel, à ce que des interactions positives (facilitation, complémentarité) prennent le pas sur les interactions négatives (compétition) entre plantes. Il peut ainsi en résulter un meilleur partage des ressources du sol, comme étudié récemment dans le cas de cultures associées céréale-légumineuse.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Diminution des applications des engrais azotés • Réduction des risques de la pollution azotée... • Meilleure couverture du sol | <ul style="list-style-type: none"> • Encombrement spatial des légumineuses intercalaires |

Quelques exemples et références

- Potential Role of Cereal-Legume Intercropping Systems in Integrated Soil Fertility Management in Small holder Farming Systems of Sub-Saharan Africa - <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/329086/>



Figure 13: Niébé sous les cocotiers et bande antiérosive de vetiver à la fermer école agroécologique de Kaydara au Sénégal
Source : Gora Ndiaye

a. La proportion d'azote organique

L'augmentation de la proportion d'azote apportée par les matières organiques permet de réduire la pression azotée sur l'environnement. Voir chapitre 2 du manuel. Pour des exemples de matière organique pouvant être apportés.

b. L'application localisée des engrais

En localisant le plus possible l'apport des engrais là où ils sont le mieux à disposition des plantes permet de réduire les risques des impacts négatifs des engrais sur la biodiversité.

Ceci peut se faire par exemple avec :

- Un matériel d'épandage adapté - <http://www.slyfrance.com/pourquoi-localiser-lengrais/>
- Via le système d'irrigation (fertigation).
- Microdoses au semis - [http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/iarbic/doc/1_fiche_microdoses-2\[1\].pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/iarbic/doc/1_fiche_microdoses-2[1].pdf)

c. L'utilisation des mycorhizes

La très grande majorité des plantes forment de multiples associations souterraines avec les microbes du sol. Grâce à ces microorganismes, les plantes peuvent utiliser l'azote de l'air, mais aussi les éléments minéraux dont elles ont besoin pour leur développement.

Le champignon mycorhizien protège également les plants contre diverses maladies et les nématodes - http://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/1_4_3mycorhizes.html.

Les mycorhizes sont de plus en plus commercialisées en les associant à des granulés de bois ou des composts et/ou terreaux.

4.3.4. Au niveau des espaces occupés par des cultures pérennes (vergers etc.)

Les cultures pérennes hétérogènes en strates et/ou en âges et/ou en espèces et/ou en variétés, sont plus favorables à la biodiversité sauvage. Se reporter à la partie du document qui traite des cultures multi-étagées.

4.4. AMÉNAGEMENTS ET PRATIQUES FAVORABLES PLUS PARTICULIÈREMENT À LA BIODIVERSITÉ SAUVAGE PARA-AGRICOLE

Pour favoriser plus particulièrement la biodiversité sauvage para-agricole on pourra intervenir au sein de l'exploitation par exemple en aménageant des bandes fleuries, en assurant une diversité maximale des espèces cultivées, en utilisant des Produits de Protection des Plantes respectueux des organismes utiles et en maintenant les cultures pérennes enherbées.

Voir aussi <http://www.agriculture-durable.org/wp-content/uploads/2014/03/amenagementauxiliairebiodivgc.pdf>.

4.4.1. En aménageant des bandes fleuries

L'objectif des bandes ou îlots fleuris est d'offrir des sources de nourriture abondantes et diversifiées aux insectes bénéfiques comme les pollinisateurs et les ennemis naturels des ravageurs (prédateurs et parasitoïdes). Le principe est relativement simple : il suffit d'implanter une bande ou un îlot composé majoritairement de plantes à fleurs, qu'elles soient herbacées ou ligneuses, dans des « bouts de champs » ou encore, en bordure des boisés, des haies, des champs, des fossés, etc. En implantant une bande linéaire d'une bonne longueur à l'intérieur d'un champ, les insectes bénéfiques pourront se déplacer le long de ces « autoroutes habitables » et se disperser dans les champs. Les syrphes sont les auxiliaires prédateurs prédominants observés dans ces bandes florales.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Favorise la présence d'insectes auxiliaires (entomophages et pollinisateurs) • Agissent comme plantes-pièges pour certains parasites des cultures • Préservation de la diversité biologique : favorise le développement de la faune et de la flore • Limite l'érosion des sols • Embellit le paysage • Paysage : augmente la diversité et l'hétérogénéité des paysages | <ul style="list-style-type: none"> • Diminue la surface agricole productive si le couvert remplace une surface productive • Consomment de l'eau pour l'irrigation si besoin d'irrigation • Le coût de la main d'œuvre (plantation ou semis, entretien léger) • Le coût des plants ou des graines • La disponibilité des semences ou des plants pourrait poser problème pour certaines espèces végétales encore assez peu demandées • Risque d'héberger des populations importantes de limaces, de rongeurs, etc. • Peuvent constituer une source trop importante de semences d'adventices • Très peu d'expérience en milieu tropical |

Recommandations techniques

Les bandes fleuries peuvent être composées de plantes annuelles, bisannuelles ou pérennes, d'espèces sauvages ou horticoles. Le choix, outre l'intérêt évident en matière de biodiversité pour des espèces sauvages, est souvent dépendant de la disponibilité des semences et de leur coût.

Le choix des espèces en milieu tropical est actuellement problématique car il n'existe que très peu d'études disponibles.

Il s'agira de trouver un compromis entre nombre d'espèces pour optimiser la période de floraison et faciliter la conduite culturale notamment en termes de semis. L'implantation sera fonction du sol et du précédent. Un faux-semis permettra d'épuiser le stock semencier d'adventices et de repousses du précédent. Le travail du sol devra par la suite rester superficiel. Le semis des légumineuses se fera sur un lit de semence fin et un sol rappuyé. Le roulage immédiat derrière le semis permettra une levée homogène. La densité de semis est fonction du mélange, dans tous les cas le couvert ne doit pas être trop dense.

Le salissement par des espèces adventices indésirables pour les cultures voisines sera évité en fonction notamment du semis et des espèces présentes.

L'effet de la bande florale dans la culture varie selon divers paramètres. À titre d'exemple on peut retenir que des essais en France ont montré que l'effet d'une bande fleurie de sur une parcelle de chou adjacente s'est fait sentir de façon importante jusqu'à 20 m, et plus faiblement jusqu'à 50 m.⁹⁸

Pour réussir l'installation de bande fleurie il faut observer les conditions suivantes :

- Associer des espèces qui auront des vitesses d'installation différentes : une graminée (à 5% en poids) permettra d'occuper le terrain et de freiner des adventices plus rapides à lever.
- Des espèces vivaces assureront la relève après le développement des annuelles.
- Le semis se fait classiquement à la volée, en mélangeant les graines à du sable grossier, afin de mieux répartir les graines sur la surface à semer.
- Le sol doit être maintenu humide pendant les premières semaines après le semis, un arrosage peut donc être à prévoir en fonction des situations.
- L'entretien de la bande a aussi son importance : si vous n'y faites rien, le risque est important qu'une espèce dominante étouffe les autres, et qu'au final la diversité floristique en pâtisse.

98 <https://www.grab.fr/wp-content/uploads/2010/09/fiche-RMT-Auxiliaires.pdf>

Quelques exemples et références

- La figure ci-dessous montre quels sont en Martinique dans les vergers les familles de plantes qui attirent le plus les insectes butineurs y compris les syrphes dont les larves sont des auxiliaires importants. Les plantes de la famille des astéracées sont les plus visitées. Parmi les astéracées connues en milieu tropical on peut citer: *Tithonia diversifolia*, les *Artemisia*, le pyrèthre, les *Tagetes*, *Bidens pilosa* (plante médicinale), le tournesol...

NOMBRE DE VISITES DE BUTINAGE POUR CHAQUE FAMILLE DE FLEURS

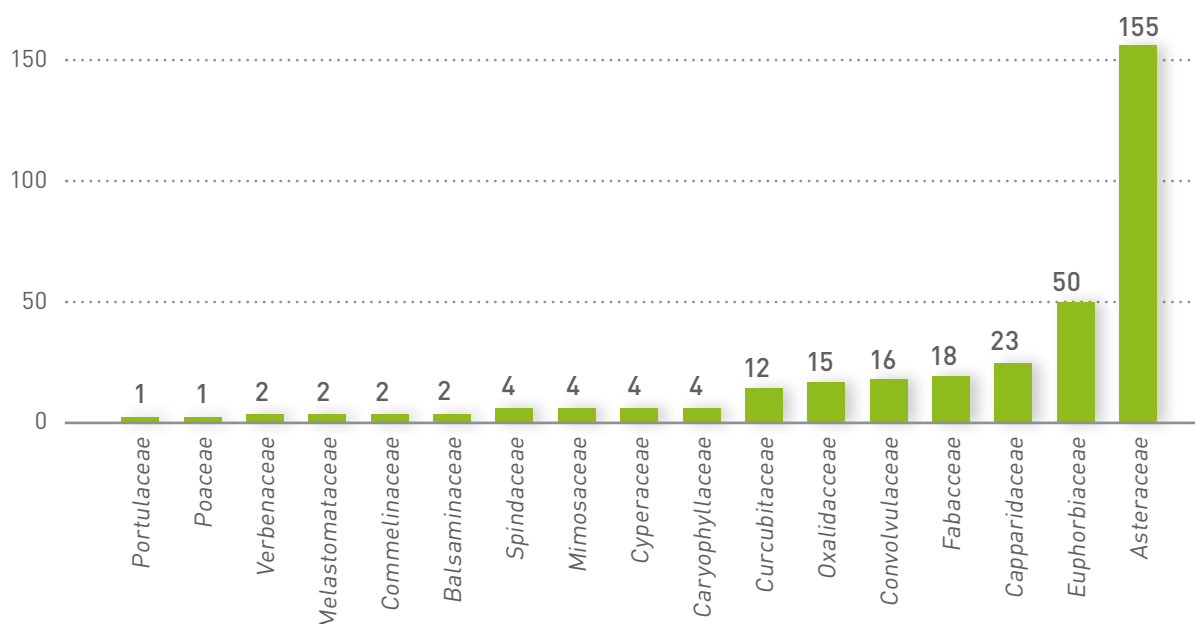


Figure 14: Nombre de visites de butinage pour chaque famille de fleurs

Source : http://cultures-tropicales.ecophytopic.fr/sites/default/files/InfoPointFede33_FREDON_PF_022016_abeilles.compressed.pdf

- Massifs ou plants isolés d'œillets d'Inde et de tagètes (*Tagetes* spp.) (accueil de punaises prédatrices du genre *Orius*). Et aussi le gliricidia (*Gliricidia sepium*), le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), le basilic (*Ocimum basilicum*), le tournesol (*Helianthus annuus*), les crotalaires (*Crotalaria* sp.) pour leurs apports de proies secondaires, de pollen et de nectar, etc.⁹⁹
- Les Apiaceae (coriandre, aneth, fenouil), les Asteraceae (œillet d'Inde, cosmos) et les Lamiaceae (basilic, Hyptis, menthe) sont des familles botaniques connues pour produire un nectar particulièrement riche. De nombreuses plantes spontanées sont également visitées par les auxiliaires pour leur nectar (Asteraceae, Euphorbiaceae) ou leur pollen (graminées).¹⁰⁰

99 <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

100 https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

4.4.2. En assurant une diversité spatio-temporelle des espèces cultivées

Les assolements avec une mosaïque aussi fine que possible, les associations intra-parcellaire et les rotations sont autant de pratiques qui favorisent le maintien d'une biodiversité sauvage para-agricole abondante et variée.

Ci-dessous sont repris quelques exemples et références spécifiques à la biodiversité sauvage para-agricole.

Quelques exemples et références

- Introduction de bandes de sorgho et de maïs dans une parcelle de maraichage en Martinique pour réguler les pucerons *Aphis gossypii*. Plus d'info voir – Fiche technique 9 « lutte biologique par conservation » dans <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>, et aussi <http://ephytia.inra.fr/fr/C/23802/Tropileg-Exemples>.



Figure 15: Bande de sorgho et culture de gombo (a) et plants de sorgho entre les buttes d'igname (b)
Source : a) <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf> ; b) Mulindabigwi (2006)

- Bruchon L., Le Bellec F., Vannière H., Ehret P., Vincenot D., De Bon H., Marion D., Deguine J.P., 2015. Guide Tropical – Guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires. Le Bellec F. (Ed.), CIRAD, Paris, 210 pages <https://cosaq.cirad.fr/outils-d-aide-a-la-decision/guide-tropical> :
 - Introduction de plants isolés d'aneth et de coriandre sur l'exploitation agricole (accueil de micro-hyménoptères parasitoïdes, syrphes, chrysopes et coccinelles).
 - Parterres d'asclépias (*Asclepia curassavica*) (accueil de pucerons jaunes *Aphis nerii* qui sont des proies de coccinelles, de syrphes et guêpes parasitoïdes).

Autres références

- Resilience in Agriculture through Crop Diversification : Adaptive Management for Environmental Change - <https://academic.oup.com/bioscience/article/61/3/183/238071>

4.4.3. En maintenant les cultures pérennes enherbées

L'enherbement a un rôle principal de couverture du sol qui permet de plus de limiter l'utilisation des herbicides. Si l'enherbement est suffisamment diversifié en types de plantes utiles aux auxiliaires des cultures, il aura aussi un rôle de service écosystémique pour la lutte contre les ravageurs. Dans certains cas, il peut également contribuer à limiter des agents pathogènes par l'assainissement d'un surplus d'eau sur le sol et apporter une amélioration du sol. Cependant, le choix des espèces et le taux de couverture ne sont pas à négliger afin d'éviter des inconvénients comme la concurrence ou le développement d'autres bio-agresseurs favorisés par le couvert. Enfin, la gestion du couvert doit permettre de limiter son développement, car celui-ci pourrait également être source d'autres effets indésirables.¹⁰¹

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'érosion • Assainissement et amélioration du sol • Favorise les auxiliaires des cultures • Moins de résidus d'herbicides • Empêche le tassement du sol • Favorise la vie de la microflore et de la microfaune du sol | <ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de taille ou de fauchage • Possible concurrence avec les cultures • Possible source d'infestations de ravageurs • Nécessite d'une bonne connaissance des parcelles sur leur aptitude à accueillir un couvert et de bonnes connaissances sur les caractéristiques des adventices et des plantes de couverture • Risque invasif si mauvaise gestion, notamment pour les légumineuses pérennes |

Quelques exemples et références

- Plusieurs type de plantes de service peuvent être utilisées en bananeraies pour lutter contre les charançons - <https://ecophytopic.fr/pic/prevenir/catalogue-des-plantes-de-service>
- Le contrôle des adventices par des méthodes alternatives comme les plantes de couverture ou les associations avec des animaux peut se substituer à l'utilisation des herbicides, coûteuse et génératrice de pollutions. En même temps par un choix judicieux des plantes peut permettre de favoriser les auxiliaires - <https://cosaq.cirad.fr/outils-d-aide-a-la-decision/guide-tropical>

101 <http://ecophytopic.fr/tr/pr%C3%A9vention-prophylaxie/techniques-culturelles/enherbement-des-cultures-p%C3%A9rennes>

Afin de préserver la biodiversité para-agricole, par exemple les insectes auxiliaires des cultures, il y a lieu de choisir les Produits de Protections des plantes les moins nocifs pour ces organismes ; par exemple les produits de biocontrôle. Plus d'information au point 5.5 « Sélectivité des produits phytosanitaires et respect des auxiliaires » dans le manuel 9 du COLEACP « Produire de façon durable et responsables ».

Les références suivantes peuvent être utiles pour le choix des produits :

- Guide pratique pesticides et auxiliaires - https://www.astredhor.fr/data/info/43345-Pesticides_et_auxiliaires_complet.pdf
- Manuel d'effets secondaires - <https://www.biobestgroup.com/fr/liste-des-effets-secondaires>
- Application effets secondaires - <https://www.koppert.fr/effets-secondaires/>
- Manuel du COLEACP. Lutte biologique et protection intégrée : voir « Pesticides et gestion de la résistance » (groupes IRAC)

4.5. AMÉNAGEMENTS ET PRATIQUES FAVORABLES À LA BIODIVERSITÉ SAUVAGE PARA-AGRICOLE DU SOL

Plus particulièrement pour favoriser la biodiversité sauvage para-agricole du sol on peut préconiser un travail léger du sol, un couvert végétal permanent, une rotation des cultures avec des systèmes racinaires différents et un amendement organique important. Les trois premiers font partie de l'agriculture de conservation qui a été définie officiellement par la FAO en 2001, voir chapitre 3. Elle comporte trois grands principes qui doivent être appliqués simultanément: couverture des sols, non-labour et diversification des cultures. Les semis se font sous un couvert végétal quasi-permanent qui permet de protéger le sol et de gérer les mauvaises herbes en l'absence de labour.

4.5.1. Un travail du sol léger

Le labour constitue une perturbation majeure du milieu. Il entraîne une disparition brutale d'une ressource alimentaire pour de nombreuses espèces de vertébrés et d'invertébrés et il expose (temporairement) la pédofaune aux agents climatiques et à la prédation. Les facteurs abiotiques (conditions physico-chimiques) qui interagissent avec les microorganismes du sol (bactéries et champignons) basculent également très rapidement d'un équilibre à un autre (par exemple d'un milieu anaérobie et sans lumière vers un milieu aérobie et très éclairé). Des labours profonds aggravent ces phénomènes, et sont particulièrement nuisibles pour la macrofaune du sol, notamment les vers de terre, ou les larves d'insectes auxiliaires qui passent une partie de leur cycle dans le sol. De même la grande fréquence des labours est un facteur aggravant l'impact du travail du sol sur la biodiversité.

Des techniques culturales sans travail du sol, ou avec un travail du sol très superficiel et sans retournement sont à préférer, à l'image des TCS (Techniques Culturales Simplifiées).

NB: Le labour peut avoir d'autres conséquences délétères moins directement liées à la biodiversité, comme une érosion facilitée, une augmentation du ruissellement...

Pourquoi opter pour les TCS ?

Ces techniques favorisent la biodiversité et rendent le sol moins sensible aux autres processus de dégradation. En évitant la perte de structure causée par le labour et en permettant aux résidus de culture d'être présents dans les premiers cm du sol, un habitat favorable aux organismes est créé ce qui exacerbe l'ensemble des propriétés du sol. En effet, l'augmentation de la matière organique dans les premiers cm du sol constitue une réserve de nutriments indispensable qui permet le développement et l'activité des êtres vivants. Ainsi, l'ensemble de la chaîne alimentaire pourra bénéficier de l'arrêt du retournement du sol.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Économie en énergie pour le travail du sol • Économie en investissements (machines et outils) et des frais pour leur entretien et utilisation • Conserve la vie de la microfaune et de la microflore du sol | <ul style="list-style-type: none"> • Rend la lutte contre les adventices plus compliquée • La consommation en eau des cultures peut être plus importante • Eventuelle acidification du sol |

Recommandations techniques

Le passage de l'exploitation en TCS doit se faire progressivement, de manière à adapter la conduite des cultures aux conditions pédoclimatiques de chaque parcelle. Il est conseillé de tester la technique adoptée sur une petite surface avant de la généraliser à l'ensemble de l'exploitation. Afin de minimiser la compaction et donc de garder les bénéfices dus à l'arrêt du labour, il faut travailler le sol quand il est sec et ce, autant en profondeur qu'en surface. Par ailleurs, une surveillance accrue des parcelles est indispensable pour détecter les ravageurs tout comme une gestion plus stricte des bords de champs afin de limiter l'envahissement par les adventices. Il est également préconisé de réaliser un suivi du pH lors du passage aux TCS pour pallier à une possible acidification due à l'accumulation de résidus culturaux ainsi que de matière organique dans les premiers centimètres. Avant de faire la transition au semis direct, il est important de corriger les problèmes de drainage et de nivellement (les parcelles en zones humides doivent être bien gérées).

D'autres éléments clés doivent être considérés :

- Le semis

La présence importante de résidus de cultures est un facteur qui influence les conditions du semis. Le positionnement de la semence dans le sol et le contact sol-semence doivent être adéquats afin de réussir l'implantation de la culture.

- Le contrôle des adventices

En techniques culturales simplifiées, la difficulté majeure rencontrée par les agriculteurs est la gestion du désherbage. En effet, les TCS favorisent le développement des plantes à rhizomes sans pour autant favoriser leur dispersion. Dans ce cas, un travail du sol très superficiel et localisé permet d'éliminer ces adventices. Par contre, au niveau qualitatif, on observe à long terme un appauvrissement et une spécialisation de la flore. Ce sont généralement les graminées annuelles qui sont le plus avantagées par les techniques culturales simplifiées.

Pour lutter contre les adventices, une solution est l'établissement d'un couvert concurrentiel de ces adventices qui se développent sous les résidus. Grâce aux intercultures, qui souvent règlent le problème de l'excédent d'azote, la lutte contre les adventices est mieux intégrée dans ce système d'agriculture durable. La dynamique des populations évolue avec les techniques adoptées. Elle ne sera pas la même dans un système conventionnel dit de « labour » que dans un système de TCS ou de semis-direct.

- La gestion des résidus

Les résidus de cultures sont essentiels pour les TCS car ils vont permettre de produire de la matière organique donc de faciliter le développement de toute la faune et flore du sol. La méthode de récolte a un impact important sur la quantité et la distribution des résidus. La limitation de la circulation dans les champs afin de ne pas tasser la surface est indispensable pour réduire l'impact de la récolte sur la structure physique du sol.

Quelques exemples et références

- Limiter l'érosion des sols grâce au labour de conservation - <http://www.gtdesertification.org/Publications/Limiter-l-erosion-des-sols-grace-au-labour-de-conservation>
- Perturbation minimale de la structure du sol - <http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/minimum-mechanical-soil-disturbance/fr/>

4.5.2. Un couvert végétal permanent

Le couvert végétal permanent protège le sol contre l'érosion, facilite la présence des microorganismes et des insectes dans et sur le sol, apporte de la matière organique au sol. Dans chaque système de production agricole l'objectif devrait être de pouvoir disposer d'un indice foliaire très élevé aussi bien sur les surfaces cultivées que sur les espaces en jachère.

La couverture permanente du sol joue un rôle déterminant dans les systèmes de culture productifs et respectueux de l'environnement. Entre autres, elle est importante pour :

- protéger le sol contre les effets destructeurs de la pluie ou des rayons solaires, et donc réduction du ruissellement et de l'érosion ;
- séquestrer le carbone, contribuant ainsi à la réduction de l'effet de serre ;
- augmenter la formation d'humus, l'activité biologique dans le sol, en protégeant et en assurant la nutrition des macro et des micro-organismes qui y vivent ;
- créer un micro climat favorable pour le développement et la croissance optimale des racines des plantes et des organismes vivant dans le sol ;
- limiter la baisse du taux de matière organique du sol.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Restructure le sol en améliorant la porosité et facilitant l'infiltration de l'eau dans le sol et donc l'alimentation hydrique de la plante • Réduction de l'érosion des terres >> diminution de la dégradation de la fertilité des terres • Empêche la formation d'une croûte de battance • Protège le sol des températures élevées • Apporte de la matière organique au sol et de l'azote dans le cas des légumineuses • Présence plus importante des organismes/microorganismes et insectes utiles dans et sur le sol • Stabilise les rendements à terme • Limite les adventices (diminution de la pénibilité du travail) • Diminue les coûts de production et augmente durablement les résultats économiques • Favorise la séquestration de carbone • Réduit la déforestation en limitant les pratiques de défriche-brûlis • Peut servir de fourrage pour les animaux • Peut produire pour l'alimentation humaine | <ul style="list-style-type: none"> • Présente une difficulté pour contrôler mécaniquement la couverture végétale sur des grandes superficies en zone chaude et humide • Nécessite un investissement pour la mise en place et, le cas échéant, la maîtrise des plantes de couverture • Entraîne un risque de pollution de l'eau et du sol en cas d'utilisation d'herbicides • Peut augmenter le temps de travail pour l'entretien de la plante de couverture afin d'empêcher la concurrence avec les cultures • Nécessite parfois l'achat de semences pour installer la plante de couverture si elles ne sont pas disponibles localement • Le constat des effets fertilisants de la plante de couverture n'est pas immédiat • Nécessite parfois l'utilisation d'intrants au démarrage de la technique |

Quelques exemples et références

- **La couverture permanente** est assurée par un mulch végétal vivant (plantes de couverture) ou mort (paille). Elle peut se faire de différentes façons :
 - maintien sur le sol des résidus de la culture précédente,
 - présence d'une végétation naturelle,
 - installation des plantes cultivées (cultures intercalaires ou dérobées) qui en dehors de leur fonction de protection du sol peuvent également être utilisées pour l'alimentation humaine ou du bétail.
- **Les Systèmes de culture sur Couverture Végétale (SCV)**

Ils consistent à reproduire les écosystèmes forestiers, là où la production de litière protège et fertilise en permanence le sol.

La zone tropicale humide est, pour l'essentiel, un milieu fragile et rapidement dégradé si les modes de mise en culture ne sont pas adaptés ; les SCV offrent une alternative concrète à une agriculture itinérante sur défriche-brûlis.

Les SCV regroupent l'ensemble des systèmes de culture basés sur le principe fondamental de couverture permanente du sol. La pratique a un double objectif de protection et de fertilisation.

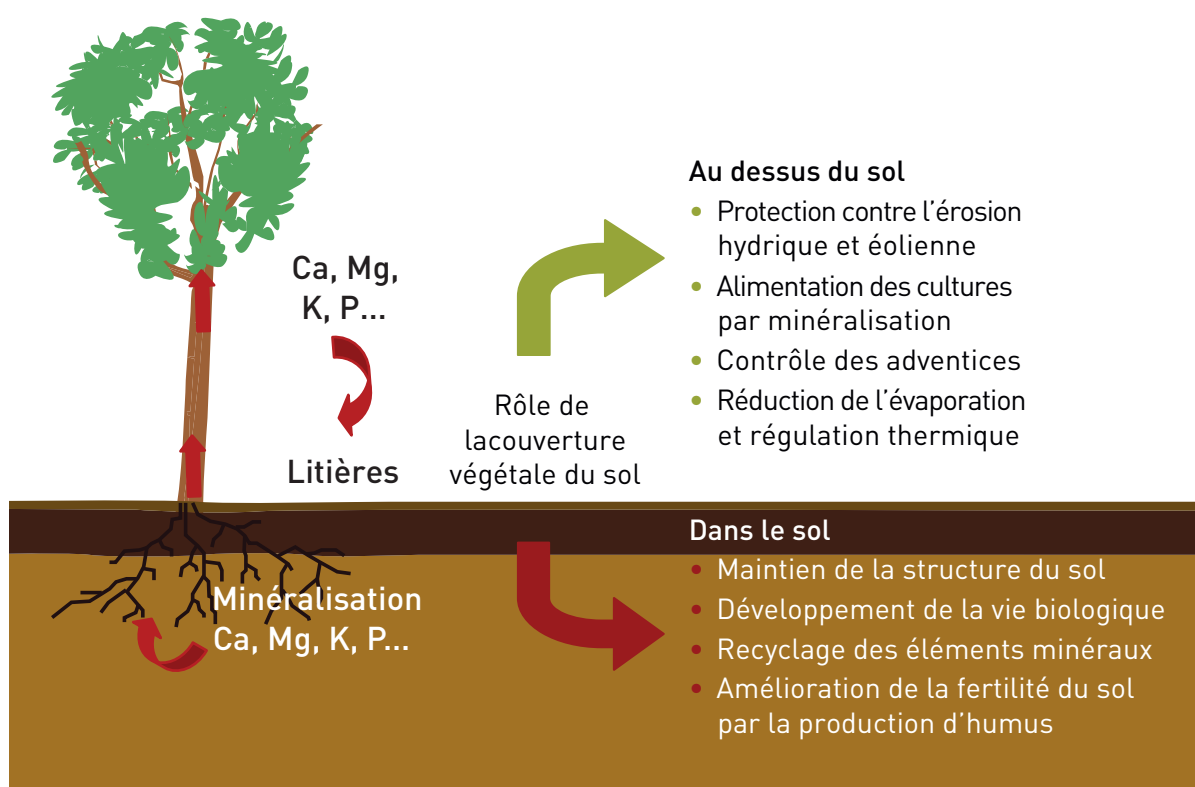


Figure 27: Principe des SCV

Source : www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

La couverture végétale peut être un mulch mort (paillage apporté ou paillage issu de la destruction in situ d'une plante de couverture) ou une plante vivante (plante de couverture) associée à la culture principale.

La pratique du SCV est différente selon les systèmes de culture et en fonction de la provenance et de la période de production de la couverture végétale mais dans tous les cas :

- le sol doit toujours être couvert ;
- le sol ne doit pas être travaillé, ni labouré ; ou alors a minima ;
- le semis, le repiquage ou les plantations s'effectuent directement dans la couverture végétale, morte ou vivante.

Cinq systèmes peuvent être identifiés :

- **SCV sur résidus de récolte et adventices** : la couverture végétale n'est assurée que par les résidus de récolte et adventices qui ont poussé pendant l'inter-culture.
- **SCV avec couverture morte importée** : le sol est couvert par de la paille issue de parcelles voisines.
- **SCV avec couverture morte produite sur place** : la couverture morte est produite en succession avant ou après la culture principale, par exemple, culture de maïs sur *Mucuna*.
- **SCV avec couverture permanente en bandes alternées** : sur la même parcelle, il y a alternance de bandes mortes et de bandes vives ; les bandes vives sont fauchées et la paille est épandue sur les bandes mortes. Par exemple, plantation de bananiers sur bandes mortes alternées avec des bandes vives de *Brachiaria*.
- **SCV avec couverture vive permanente** : la plante de couverture et la culture principale sont conduites en association sur la même parcelle. Par exemple, culture de palmiers à huile ou d'hévéas sur *Pueraria*.

Les plantes de couverture sont des plantes qui sont en mesure de produire une quantité importante de biomasse et qui disposent d'un système racinaire capable de structurer le sol en profondeur. Selon leurs spécificités, les plantes de couverture peuvent présenter divers intérêts : apport d'azote, utilisation pour l'alimentation du bétail... Le choix des plantes de couverture n'est donc pas aléatoire. Le *Brachiaria*, le *Stylosanthes*, le *Mucuna* ou le *Pueraria* sont parmi les principales plantes de couvertures utilisées dans les SCV.

- **Le paillage**

Le paillage, aussi appelé mulch, est une couverture morte du sol par opposition aux couvertures vivantes composées de plantes améliorantes laissées en place.

Il y a plusieurs avantages au paillage :

- il ne nécessite pas d'investissement,
- Il requiert une faible technicité.

Parmi les inconvénients on peut citer :

- Le risque d'envahissement de la parcelle par les plantes adventices si celles-ci sont laissées au champ ou apportées avec leurs graines. Bien les couper avant la fructification.
- Le risque de contamination, si absence de rotation des cultures, car les parasites de la culture précédente peuvent survivre dans les pailles coupées.

- **Rotation et association de cultures ayant des systèmes racinaires différents**

Grâce à la différence entre les systèmes racinaires des cultures utilisées, la rotation culturale opère comme une pompe biologique dans la mesure où elle permet de remonter et de recycler les éléments minéraux situés dans les couches profondes du sol. Cette fonction est importante pour limiter les fuites hors système cultivé et pour améliorer ou restaurer les sols pauvres afin de les rendre productifs.

Par ailleurs, la rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier la flore et la faune du sol, étant donné que les racines sécrètent différentes substances organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignons. Ces micro-organismes vont à leur tour jouer un rôle important dans la transformation des substances sécrétées en éléments nutritifs pour la plante. Les rotations culturales sont importantes pour la lutte phytosanitaire dans la mesure où elles permettent de casser le chaîne de transmission des pathologies spécifiques à certaines végétales.¹⁰²

Quelques exemples et références

- Les plantes puisent différemment les éléments du sol en fonction de leur système racinaire. Les herbacées à enracinement fasciculé (alliacées, bananiers) explorent les couches les plus superficielles, les herbacées à enracinement pivotant (carotte, légumineuses) utilisent un volume situé un peu plus bas et les espèces ligneuses pérennes (arbres fruitiers, légumineuses ligneuses) explorent les couches profondes du sol.
- Utilising Differences in Rooting Depth to Design Vegetable Crop Rotations with High Nitrogen Use Efficiency (NUE) - http://orgprints.org/256/1/ActaHort_utilising_differences.pdf

Autres références

- Indication des profondeurs de l'enracinement dans <https://www.gardenorganic.org.uk/sites/www.gardenorganic.org.uk/files/resources/international/RotationsinVegetableProduction.pdf>

102 <http://www.fao.org/ag/ca/fr/1b.html>

4.5.3. Un amendement organique important

En horticulture, la fertilisation devrait être, pour une bonne part, d'origine organique. Cela permettrait déjà un meilleur équilibre en éléments fertilisants et une libération progressive de l'azote. En outre, l'augmentation de la teneur en matière organique du sol contribuera à augmenter sa capacité d'absorption d'eau, sa structure et donc son aération, son pouvoir tampon et mobilisateur d'éléments minéraux. Il en résultera également une plus grande activité et diversité microbiologiques, y compris au niveau de la microflore antagoniste qui contribuera à contrôler les agents de maladies du sol ainsi que les nématodes phytophages. Par exemple des doses de 100 t/ha de matière avant chaque cycle cultural au Maroc.

Avantages et inconvénients

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Captage du carbone organique du sol... • Aider à résorber le CO₂ (Gaz à effet de serre) de l'air • Augmente la capacité de rétention du sol en eau et en éléments nutritifs • Plus grande activité et diversité microbiologiques | <ul style="list-style-type: none"> • Coût du transport • Source potentielle de maladies du sol • Difficulté de disponibilité en quantité suffisante. • Peut se dégrader plus ou moins rapidement sous l'effet de la chaleur |

Recommandations techniques

Si la fumure organique peut avoir une influence favorable sur le développement des plantes et la prévention des problèmes phytosanitaires, il faut toutefois veiller à n'utiliser que du fumier ou du compost de très bonne qualité, c'est à dire bien décomposé sinon on risque, au contraire, d'enrichir le sol en semences de mauvaises herbes et en germes pathogènes divers. Dans le cas du compostage il faudra donc veiller à ce que la maturation du matériau soit bien réalisée (température élevée atteinte dans la masse, nécessité de retourner les tas de compost pour obtenir une qualité constante).

En milieu tropical les apports de matières organiques riches, à objectif d'apport d'éléments fertilisants seront réalisés généralement avant chaque semis/plantation car le taux de minéralisation y est élevé et rapide. Mais pas trop! En effet des doses excessives de matières organiques fraîches mal décomposées ou riches en azote avant plantation peuvent entraîner des dysfonctionnements dans la plante et une pollution de l'environnement.

Certaines cultures apprécient la matière organique fraîche (cucurbitacées), mais d'autres non (alliées en particulier). De manière générale, après un apport de fumier frais, on conseille d'attendre 1 à 2 mois avant le semis ou la plantation.

Quelques exemples et références

- **Les engrais verts**

Ils ont pour but :

- d'enrichir le sol, notamment en utilisant des légumineuses fixant l'azote atmosphérique ;
- d'apporter de la matière organique en enfouissant l'engrais vert dans le sol qui va se décomposer en humus ;
- de structurer le sol ;
- d'éradiquer en même temps certaines mauvaises herbes grâce au retournement de la terre ;
- de contrôler le développement des plantes adventices tout au long de la croissance des engrais verts, par compétition directe pour la lumière, les nutriments et l'espace.

Voir fiche technique N° 10

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf
 et Fiche n° 2 : Les engrais verts - https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

- **Le Bois Raméal Fragmenté (BRF)**

Fiche n° 7 dans <https://ecophytopic.fr/pic/proteger/fiche-illustrée-ndeg1-brf-bois-rameal-fragmente>

- **Le vermicompostage**

- Vidéo - <https://www.accessagriculture.org/fr/les-merveilles-du-ver-de-terre>
- Fiche n° 5 et 6 - https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

4.6. COMMENT PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ DES ESPACES SE TROUVANT À PROXIMITÉ DE L'EXPLOITATION

La préservation de la biodiversité des espaces entourant l'exploitation se fera principalement en faisant les aménagements permettant d'éviter les perturbations potentielles découlant de l'utilisation de certains intrants comme les Produits de Protection des Plantes et les fertilisants. Dans certains cas il faudra aussi assurer, via des corridors, dans l'exploitation une continuité entre les espaces naturels entourant l'exploitation.

Les bandes enherbées (ou boisées) suffisamment larges figurent parmi les éléments les plus importants à aménager pour éviter les perturbations.

Dans une zone à vocation essentiellement agricole le paysage sera influencé essentiellement par les types d'occupation des SAU des exploitations. Les types de cultures et d'IAE/UAE maintenus dans les diverses exploitations constitueront l'aspect du paysage. Une exploitation prise individuellement n'aura que peu d'impact sur le paysage mais c'est l'ensemble des exploitations qui modèlera principalement le paysage.

Jadis l'utilisation du terroir était soumise aux pratiques paysannes respectueuses de la biodiversité du paysage. Ce n'est qu'avec l'accroissement de la pression démographique sur les terres et de l'exploitation commerciale ou industrielle qu'un grand nombre de ces pratiques ont disparus. Toutefois, certaines communautés continuent à préserver quelques-unes de ces pratiques malgré la pression démographique sur les terres croissante. Au Bénin dans presque tous les villages on y rencontre des îlots de forêts appelés «forêts sacrées». Celles-ci sont rigoureusement protégées par les villageois. Elles sont souvent des lieux d'offrandes pour les rites et cérémonies traditionnelles. Elles jouent un important rôle pour la préservation de la biodiversité en offrant un habitat naturel à différentes espèces animales et végétales.

Au Rwanda l'agriculture est interdite le long des routes, des cours et plans d'eau. Bien que cette mesure vise principalement à protéger ces sites, elle contribue également à protéger ou à restaurer la biodiversité. La régénération naturelle assistée au Burkina Faso (UICN et MEDD, 2011) sur les superficies cultivées et non cultivées est également une technique qui une fois adoptée contribuerait substantiellement à restaurer la biodiversité. La diversification des productions agricoles et la rotation des cultures amélioreraient sans aucun doute la biodiversité. Les haies vives, les jachères de longue durée, les jachères florales, les brise-vents servent d'habitats écologiques des paysages agricoles. Des clôtures faites notamment à base de fils de fer barbelé limitant les zones agricoles de celles naturelles font partie des aménagements préservant la biodiversité en empêchant l'extension des superficies agricoles au dépend des zones naturelles.



Figure 28 : Mesures de protection des zones naturelles vs zones agricoles a) clôture de fil de fer barbelé de 110 km le long du parc Akagera à l'Est du Rwanda, b) mur de pierres, c) poste de gardiennage par des enfants, d) apiculture traditionnelle à la frontière du parc des Virunga au nord du Rwanda
 Source : https://www.researchgate.net/publication/280234192_The_effects_of_human-wildlife_conflict_on_conservation_and_development_a_case_study_of_Volcanoes_National_Park_northern_Rwanda

La résolution ACP-UE 3916/06/déf. de l'Assemblée parlementaire paritaire ACP-UE a émis plusieurs recommandations relatives à la gestion durable des ressources en eau dans les pays ACP. Dans différentes régions des pays ACP, plusieurs projets de gestion intégrée des ressources en eau sont appuyés mais les actions concrètes sur les parcelles traînent à être mises en œuvre. Les efforts se sont beaucoup plus concentrés sur le renforcement des capacités institutionnelles. Dans certains pays, des textes juridiques et réglementaires prévoient les zones de protection des points d'eau. L'élaboration et la mise en œuvre effective de ces textes contribueraient aussi à préserver et à restaurer les habitats écologiques.

L'apiculture associée à l'agriculture est particulièrement aux cultures pérennes telles que les caféiers, les cacaoyers, les anacardes, les manguiers etc. renforcerait non seulement la biodiversité mais aussi l'amélioration de la productivité agricole et ainsi la sécurité alimentaire.

4.7. AUTRES AMÉNAGEMENTS DU TERRITOIRE À FINALITÉS DIVERSES AYANT ÉGALEMENT UN IMPACT POSITIF SUR LA BIODIVERSITÉ

D'autres différents aménagements à finalités diverses peuvent être réalisés et avoir un impact positif sur la biodiversité. Il s'agit des aménagements visant notamment :

- Prévention des inondations et de l'ensablement (ex. : bandes enherbées, haies vives, mesures de lutte contre l'érosion, interdiction de cultures le long des cours et des plans d'eau etc.).
- Gestion des eaux pluviales (ex. : bassins/étangs de collecte des eaux de pluies, mesures de lutte contre l'érosion, couverture végétale, paillage des parcelles,...).
- Gestion de la qualité des eaux (ex. : traitement des eaux usées, phytoépuration ou lagunage, zones de protection des eaux etc.).
- Désensablement plans et cours d'eau.
- Reboisement des terres marginales ou dégradées.



a) Collecte d'eau de pluie à Kayonza/Rwanda



b) Phytoépuration (filtrage des eaux usées par les plantes) parc du chemin de l'île / France¹⁰³



c) Terrasses radicales au Rwanda¹⁰⁴



d) Reboisement de la mangrove au Sénégal¹⁰⁵

Figure 28 : Aménagements liés à la gestion et à la valorisation des ressources en eau

Sources : a) Mulindabigwi, V. 2008 - b) <https://www.aujardin.info/fiches/filtrage-eaux-usees-plantés.php>

c) <https://ec.europa.eu/avservices/photo/photoDetails.cfm?sitelang=fr&ref=028999#14>

d) <http://www.ideecasamance.net/index.php?page=activity>

103 <https://www.aujardin.info/fiches/filtrage-eaux-usees-plantés.php>

104 <https://ec.europa.eu/avservices/photo/photoDetails.cfm?sitelang=fr&ref=028999#14>

105 <http://www.ideecasamance.net/index.php?page=activity>

Le reboisement des terres marginales ou dégradés ou des mangroves, le désensablement des cours et points d'eau, la protection des berges, la protection des cours et points d'eau contre l'ensablement et/ou contre la pollution, l'amélioration des pâturages et terres cultivées par la plantation d'arbres, l'installation des brise-vents etc. peuvent avoir un impact positif et durable sur la biodiversité si ces mesures reposent sur un **plan directeur d'aménagement du territoire**. Celui-ci est d'une importance capitale pour répartir l'utilisation des terres entre les différentes affectations des terres (agriculture, élevage, habitations, cours et plans d'eau, infrastructures, zones naturelles, etc.). L'absence d'un tel plan ou de sa mise en œuvre conduit indéfectiblement à l'érosion de la biodiversité suite à la pression démographique sur les habitats écologiques.

L'UICN et le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable du Burkina Faso ont conjointement produit un catalogue de bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques au Burkina Faso qui en réalité sont également des pratiques très efficaces qui permettent de préserver ou de restaurer la biodiversité (UICN et MEDD, 2011). Ce catalogue décrit et regroupe les pratiques dans les catégories suivantes :

- Gestion des sols (diguettes en cordons pierreux, digues filtrantes, bandes enherbées, zaï¹⁰⁶, demi-lunes, paillage, fixation des dunes, jachère améliorée, mise en défens, aménagement des bas-fonds)¹⁰⁷.
- Gestion de l'eau (micro-irrigation à cuvettes, systèmes de rampes, retenues d'eau de surface: barrages et boulis, collecte des eaux de pluies ou impluviums, puits et forages, trous à poissons, surcreusement des mares naturelles, protection des points d'eau contre l'ensablement).
- Foresterie et agroforesterie (défrichement contrôlé, régénération naturelle assistée, reforestation / afforestation, brise-vent, pare-feu, fixation des berges, aménagement et gestion des forêts, arboretums et conservatoires botaniques).
- Intrants et techniques culturales (semences améliorées, labour à plat et cloisonné, scarifiage, sous solage, compostage, associations culturales, culture en couloir, cultures de contre saison, association maraîchage-arboriculture et jardins potagers).
- Ressources animales (fauche et conservation du fourrage, cultures fourragères, pratique de mobilité du bétail et de la transhumance)¹⁰⁸.
- Énergie (valorisation de l'énergie solaire, conversion de l'énergie solaire, foyers améliorés).

106 zaï: « technique particulièrement adaptée aux zipellés, surfaces pédologiques encroûtées fortement dégradées, est restée pendant longtemps considérée comme anecdotique par les chercheurs mais rentre aujourd'hui dans les techniques de Conservation des Eaux et des Sols (CES) ». [https://fr.wikipedia.org/wiki/Za%C3%AF_\(agriculture\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Za%C3%AF_(agriculture))

107 D'autres pratiques telles que les terrasses radicales et les fossés antiérosifs rencontrés notamment au Rwanda peuvent être ajoutées à la liste.

108 D'autres pratiques peuvent être ajoutées pour enrichir la liste. Il s'agit notamment de l'étable fumière, amélioration animale, couplage agriculture-élevage.

La liste peut inclure encore d'autres pratiques dépendamment des conditions climatiques, topographiques, pédologiques et géologiques de chaque zone: terrasses radicales, fossés antiérosifs, couplage agriculture-élevage, étable fumière, amélioration animale, banques des semences et/ou des gènes, protection des berges, traitement des ravines, protection des animaux sauvages et des espèces végétales légalement protégées sur les parcelles cultivées etc.

Chapitre 5

Étude de cas

| | |
|--|-----|
| 5.1. Introduction | 310 |
| 5.2. Partie 1 : Mise en situation | 312 |
| 5.3. Partie 2 : Montage du plan de réalisation de l'évaluation de la biodiversité au niveau de l'exploitation | 319 |
| 5.4. Partie 3 : Évaluation globale et identification des lacunes au niveau de la biodiversité | 346 |
| 5.5. Partie 4 : Améliorations proposées | 364 |
| 5.6. Partie 5 : Plan d'actions | 394 |

5.1. INTRODUCTION

Objectifs pédagogiques

À l'issue de cette étude de cas, l'apprenant sera capable :

- D'analyser une situation proche de la réalité.
- De proposer les observations, mesures ou analyses à réaliser ainsi que de déterminer les compléments d'information nécessaires pour pouvoir faire une évaluation de la biodiversité au sein d'une exploitation et de ses alentours proches.
- De monter un plan d'évaluation, de l'effectuer sur base des informations disponibles et en suivant la méthodologie proposée au chapitre 2.
- De proposer, sur base des résultats de l'évaluation et des connaissances théoriques acquises, un ensemble de solutions appropriées pour préserver, restaurer ou améliorer selon les cas durablement la biodiversité.
- D'élaborer un plan d'actions cohérent à mettre en place pour avoir un niveau acceptable de biodiversité et une gestion durable de celle-ci.

5.1.1. Une étude de cas : pourquoi ?

Pourquoi une étude de cas ?

Travailler à partir de la description d'un cas théorique ne remplacera jamais votre expérience professionnelle, forgée sur le terrain et au contact de la réalité de la production. Cependant, il est possible d'**acquérir à travers un exemple, tiré de situations déjà rencontrées, des principes méthodologiques** pour analyser la situation, déterminer la nature et l'origine de certains problèmes qui peuvent être rencontrés, pouvoir proposer des pistes de solutions qui soient efficaces, rentables et compatibles avec les objectifs de durabilité.

Voici un exercice pour vous entraîner !

Une étude de cas ne doit pas servir à proposer une «recette toute faite» dont les ingrédients seraient toujours les mêmes solutions à envisager. Au contraire, elle doit vous permettre de **comprendre la complexité des situations qui peuvent exister et qui nécessite une approche au cas par cas**, avec des solutions appropriées et adaptée à chacune des situations et aux ressources disponibles localement. **Il faut arriver à comprendre par soi-même le «pourquoi» de ses problèmes et à déterminer «comment» une amélioration durable de la situation est possible** en faisant la balance coût-bénéfice de chaque solution théoriquement possible.

Comment profiter de cette étude de cas pour revoir les divers aspects de la gestion durable de la biodiversité et appliquer ce que vous avez retenu à un cas qui pourrait se rencontrer en pratique ?

5.1.2. Une étude de cas : comment la réaliser ?

L'étude de cas comporte **5 parties**, qui sont autant d'étapes dans l'exercice à réaliser :

1. **Une mise en situation** : par la lecture d'un texte, il s'agira d'identifier les informations utiles à comprendre une situation que pourrait rencontrer une entreprise horticole (dans le cas présent, en matière de biodiversité).
2. **Le montage du plan de l'évaluation de la biodiversité** : L'évaluation doit être un outil d'aide à la décision des actions à entreprendre pour favoriser la biodiversité. Le plan de l'évaluation doit être monté en fonction de la situation décrite et pour pouvoir réaliser cette évaluation il faudra éventuellement proposer de réaliser des observations, des mesures ou des analyses et de mentionner les informations complémentaires à obtenir.
3. **La réalisation de l'évaluation et l'identification des lacunes au niveau gestion de la biodiversité** : Il s'agit de mise en pratique de la méthodologie proprement dite proposée dans le chapitre 2. Dans cette partie seront identifiées les faiblesses au niveau gestion de la biodiversité et proposés des niveaux acceptables à atteindre.
4. **Une identification de solutions appropriées** : il s'agira de faire l'inventaire des solutions qui devraient être appropriées pour régler chaque situation identifiée séparément ; ensuite de voir pour chaque solution si elle est : (1) efficace ; (2) rentable ; (3) accessible ; (4) durable.
5. **Une proposition de plan d'actions pour l'exploitation** : il s'agira d'établir une stratégie de mise en œuvre intégrant les solutions retenues, afin d'améliorer durablement la situation : préserver, restaurer, améliorer la biodiversité dans l'exploitation et ses alentours proches.

Pour profiter de cette étude de cas, **vous devez suivre les consignes et réaliser chacune des étapes comme un exercice personnel**, en vous aidant des éléments théoriques contenus dans le manuel, mais aussi en consultant les sites web et les références utiles mentionnées dans ce manuel.

À chaque étape **vous aurez ainsi des consignes, puis un solutionnaire**. Vous verrez donc le message suivant :

«Vous avez réalisé votre partie de l'exercice ? Bravo ! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère de ces propositions. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure proposition ? Rédigez en quelques lignes votre analyse des résultats et votre perception personnelle : cela vous aidera en fin d'exercice à retracer la logique de votre démarche».

Conseil avant de commencer : Travaillez avec les pages imprimées de ce chapitre et du chapitre 2 vous facilitera la tâche.



5.2. PARTIE 1 : MISE EN SITUATION

Consigne :

Lisez attentivement cet exposé des difficultés que rencontre une exploitation horticole. Identifiez dans la situation décrite les éléments importants qui vont vous aider à comprendre la nature des problèmes de cette exploitation et avoir une première idée de la situation de la biodiversité dans celle-ci.



Au besoin, imprimez cette page pour la relire plusieurs fois.

(Avertissement : il s'agit d'un cas imaginaire, et toute ressemblance avec les situations décrites, les noms propres ou la dénomination de l'entreprise serait purement fortuite).

5.2.1. Exposé du cas

Depuis plus de 10 ans maintenant, suite au décès de son père qui était maraîcher, comme avant lui son grand-père, Dieudonné SHAMBA est le manager de l'entreprise familiale FRUITVERTS sarl. C'est une entreprise de taille moyenne (environ 15 ha) établie en périphérie d'une grande ville et à proximité de quelques villages où sont écoulés toute l'année une bonne part de ses légumes. Cette entreprise produit sur son périmètre certains de ses produits (surtout des haricots verts et des tomates-cerises), mais elle travaille aussi avec les nombreux petits producteurs des environs qui lui fournissent tout au long de l'année des fruits (mangue) et certains légumes (gombo, choux, piments, tomates, amarante,...). Dans sa station de conditionnement, elle trie et emballe les produits destinés au marché régional et d'exportation. Une partie des tomates achetées aux producteurs locaux sont aussi transformées sur place (séchées) et conditionnées. À peine 30 kms séparent l'entreprise de son principal marché local (en ville) et du grand port d'où sont expédiés ses produits de luxe (mangue, haricots verts filets et tomates cerises) vers l'Europe.

Dans le périmètre de FRUITVERTS, on trouve deux zones de culture : une partie de l'exploitation (8 ha), la plus éloignée de la bande côtière, est constituée des terres les plus hautes, qui sont assez planes et divisées en grands carrés séparés par des fossés d'irrigation. Jusqu'à présent, les sols, quoique argilo-sableux, étaient assez fertiles pour qu'on y installe les cultures destinées à l'exportation. On y fait donc chaque année, entre septembre et mars-avril, du haricot vert (6 ha), destiné au marché français, et de la tomate-cerise (2 ha) pour le marché hollandais, les cultures se répétant sur les mêmes parcelles d'année en année. De mai à août (saison des pluies) du maïs est cultivé sur ces parcelles.



Photo 1 - Cultures installées sur les terres hautes (haricots et tomates-cerises)

Le reste des terres, plutôt sablonneuses (environ 7 ha), descendent en pente douce vers le littoral. Elles sont parcourues de fossés creusés par l'érosion. Comme elles étaient considérées moins fertiles, des cultures de divers légumes (surtout de la tomate, du piment et du gombo), destinés aux marchés environnants, sont installées sur la pente. Du maïs y est aussi cultivé en saison des pluies. Les cultures sont réparties par petites surfaces de quelques ares, autrefois séparées par des haies mais qui pour la plupart ont aujourd'hui disparu. Ces petits carrés occupent les terres du sommet du talus jusqu'au bas de la pente où une grande mare sert de réservoir d'eau pour irriguer ces cultures. Sur la pente, Dieudonné a planté quelques arbres fruitiers pour retenir les terres et fournir un peu d'ombre à ses pépinières. Aussi loin qu'il s'en souvienne, Dieudonné a toujours connu cette répartition des cultures. Les villages environnants s'étalent sur la bande côtière le long de la grande route qui va vers la ville. Chaque villageois possède un petit verger de manguiers et quelques carrés où sont cultivés des légumes (tomates, melon, aubergines,...), du maïs, du sorgho et des arachides selon la saison.



Photo 2 - Carré cultivé chez un petit producteur

Depuis deux-trois ans, Dieudonné constate, en examinant ses comptes, que le revenu qu'il tire de son exploitation a beaucoup diminué. Pourtant, les prix de vente auraient plutôt tendance à augmenter avec le développement des villages et de la grande ville qui sont très demandeurs de fruits et de légumes. Force est de constater que globalement c'est sa production qui a chuté ! Son entreprise a produit bien moins de haricots et de tomates-cerises (ce sont les cultures où le rendement a le plus chuté). Pour les autres légumes (tomates, gombo ou piment), la chute de production n'a pas été aussi spectaculaire mais elle n'atteint plus les niveaux des années précédentes malgré les achats répétés d'engrais et de produits phytosanitaires. Malheureusement les petits producteurs n'ont pas pu compenser le déficit de sa production même s'il les a incité à produire le plus possible en augmentant leurs surfaces et s'il leur a distribué de l'engrais composé et des produits phytosanitaires. Récemment les importateurs européens exigent de Dieudonné le respect de cahiers des charges visant le développement durable et intégrant un volet « biodiversité ». La mise en œuvre de ce volet biodiversité oblige Dieudonné à réaliser un diagnostic (une évaluation) et un plan d'action pour améliorer la bio-diversité au sein de son exploitation et pour préserver la biodiversité des alentours de son exploitation. Dieudonné a visité récemment une exploitation qui pratique l'agroécologie. Lors de la visite le propriétaire avait souligné l'importance de favoriser la biodiversité par des pratiques adéquates dans l'exploitation. Dieudonné avait été impressionné

par les rendements obtenus dans cette exploitation et il voudrait essayer lui aussi de promouvoir la biodiversité dans son exploitation mais il ne sait pas trop comment s'y prendre.

Pour produire ses haricots verts et ses tomates-cerises, Dieudonné prépare soigneusement ses terres avec son tracteur, au moyen d'un labour à 30-40 cm pour enfouir les mauvaises herbes et les résidus des cultures précédentes (notamment du maïs cultivé en saison humide). Dieudonné n'a pas lésiné non plus avec les intrants. Il n'a pas hésité à augmenter les quantités d'engrais NPK (10-10-30) épandues en plus du fumier frais qu'il enfouit avec le labour. Il a veillé à traiter plusieurs fois sur la saison ses cultures avec des produits phytosanitaires (insecticides, fongicides) pour espérer augmenter ses rendements. Depuis deux ans, il applique même des herbicides sélectifs en haricot, en tomate, et même en maïs (atrazine), pour garder son sol propre et limiter la concurrence des mauvaises herbes. Enfin, il a aussi augmenté ces cinq dernières années les apports d'eau d'irrigation pour que les haricots et les tomates profitent pleinement de ses engrais et de ses traitements phytosanitaires. Il a donc installé une plus grosse motopompe sur la mare pour pouvoir irriguer plus souvent les haricots verts et les tomates en remplissant d'eau les rigoles qui serpentent dans ses champs. Rien n'y fait.

Ses plantes parfois sont attaquées par des maladies (fusariose par exemple) qui sont traités avec des fongicides, mais en général les feuilles de ses haricots et tomates sont plutôt d'un vert très foncé. Par contre, lors des périodes de forte chaleur, elles ont tendance à se flétrir plus rapidement. Dieudonné a arraché quelques plantes, mais il n'a pas trouvé sur les racines de trace de nématodes à galles ou de pourriture au collet. Il ne comprend pas ce qu'il se passe.

Décidemment, Dieudonné n'est pas récompensé de ses efforts. Il aurait bien besoin d'aide pour résoudre ses problèmes de rendement et pour assurer une bonne gestion de la biodiversité dans son exploitation. Pouvez-vous l'aider ?

Y a-t-il assez de biodiversité sur sa ferme ? Doit-il modifier ses pratiques pour favoriser la biodiversité ? Est-ce que cela lui permettrait de réduire ses besoins en intrants, améliorer ses rendements, réduire ses problèmes d'érosion.... ? Que doit-il faire pour répondre aux exigences de l'importateur ?

- *Sur une feuille de papier, essayez de **trier** et de **lister les** informations à retenir de l'exposé qui sont considérées utiles à l'analyse, comme les **problématiques** et **pratiques** (sans lire la suite).*

5.2.2. Analyse de la situation décrite

Vous avez réalisé votre partie de l'exercice ? Bravo ! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère de ces propositions. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure proposition ? Rédigez en quelques lignes votre analyse des résultats et votre perception personnelle : cela vous aidera en fin d'exercice à retracer la logique de votre démarche.

Solutionnaire proposé :

Informations à tirer de l'énoncé

D'ordre général :

- L'entreprise a diversifié ses produits et ses marchés. Elle produit tout au long de l'année.
- Dans l'exploitation sont produits des haricots vert et tomates cerise pour l'exportation ; sont également produits maïs, tomate, gombo et piment pour le marché local.
- L'entreprise existe depuis longtemps.
- Les sols sont majoritairement meubles et légers (argilo-sablonneux sur les terres hautes et sableux ailleurs), ce qui est a priori favorable à la culture du haricot et de la tomate qui préfèrent des sols plutôt légers.
- Une grande mare se trouve en contre bas de l'exploitation.
- Des haies délimitaient les petits carrés de la zone basse de l'exploitation mais ont pratiquement complètement disparu maintenant.
- Quelques arbres fruitiers ont été plantés dans la partie en pente du terrain.
- L'entreprise achète à des petits producteurs une partie de leur production : sont cultivés : mangue, tomate, gombo, choux, piment, amarante, melon, aubergine ; en saison des pluies sont cultivés du sorgho, du maïs ou de l'arachide.
- L'entreprise pousse les petits producteurs dans la même direction au niveau des pratiques (forte utilisation d'intrants chimiques).

Problématiques :

- La production est en baisse. C'est aussi le cas chez les petits producteurs où la fertilité a diminué. La baisse de production est régulière, et celle-ci ne semble pas être attribuable à une pression parasitaire non contrôlée.
- Les terres en pente sont soumises à l'érosion hydrique.

Pratiques de l'exploitation :

- Diversité des cultures :
 - Sur les terres hautes elle est limitée (haricot ou tomate / maïs).
 - Elle est plus élevée sur le reste de l'exploitation.
- Rotations :
 - Souvent les mêmes cultures se succèdent années après années sur les mêmes parcelles, et les pratiques culturales n'évoluent pas beaucoup.
 - Sur les terres hautes, la rotation annuelle consiste en une culture de maïs après tomate ou haricot vert. L'alternance haricot-tomate est à priori valable mais la proportion de champs d'haricot vert étant importante (3/4) l'alternance n'est réalisable qu'après un certain nombre d'années.
- Taille des parcelles :
 - Les terres hautes sont subdivisées en grands carrés tandis que les terres basses sont subdivisées en petits carré de quelques ares.
- Utilisation des Produits de Protection des Plantes :
 - L'emploi des pesticides est fréquent et généralisé à cause de la répétition des cultures. Il compense la pression des insectes et des maladies.
 - Des traitements herbicides sont effectués (notamment emploi d'atrazine, sélectif en maïs et autres herbicides sur haricot vert et tomate d'exportation).
- Travail du sol :
 - Un labour peu profond est effectué (passage de tracteur sur les terres hautes) chaque année.
- Amendements :
 - Des résidus de cultures (maïs) et du fumier frais sont enfouis au moment de préparer les terres, juste avant les semis/plantations.
- Fertilisants :
 - Des quantités importantes d'engrais sont apportées aux cultures sous forme d'engrais chimiques composés.
- Irrigation :
 - Des quantités importantes d'eau sont apportées aux cultures par voie gravitaire, via une motopompe qui pompe dans la mare en contre-bas.

5.3. PARTIE 2 : MONTAGE DU PLAN DE RÉALISATION DE L'ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ AU NIVEAU DE L'EXPLOITATION

5.3.1. Consignes

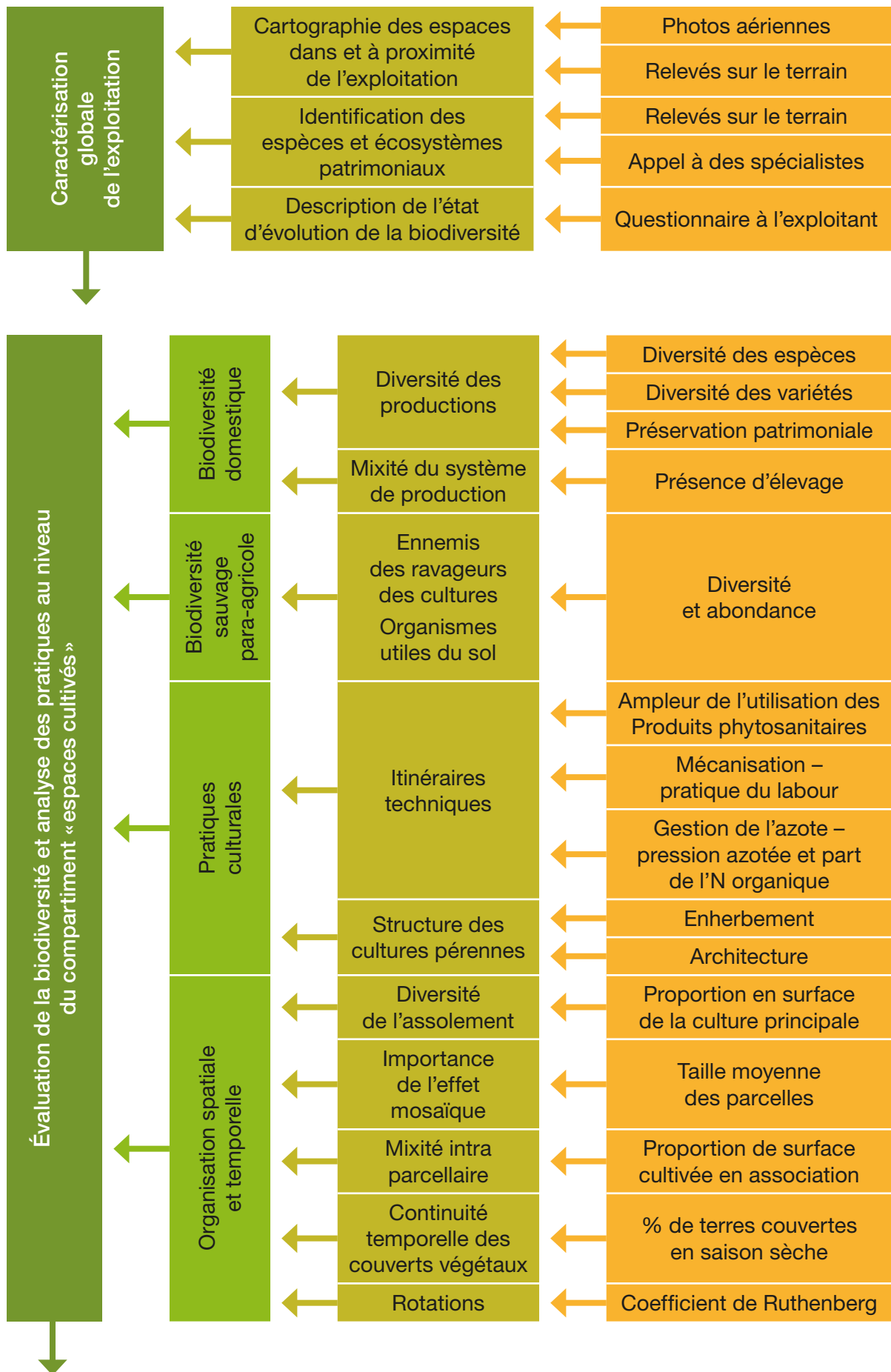
Pour améliorer la biodiversité dans l'exploitation de Dieudonné et préserver celle de ses alentours immédiats il faut tout d'abord évaluer le niveau de la biodiversité existante dans l'exploitation et de la protection de la biodiversité environnante. Il s'agit de la mise en pratique de la méthodologie proposée au chapitre 2 de ce manuel. Avant de réaliser cette évaluation il faut définir un plan d'exécution en suivant les étapes énumérées ci-dessous et développées par après.

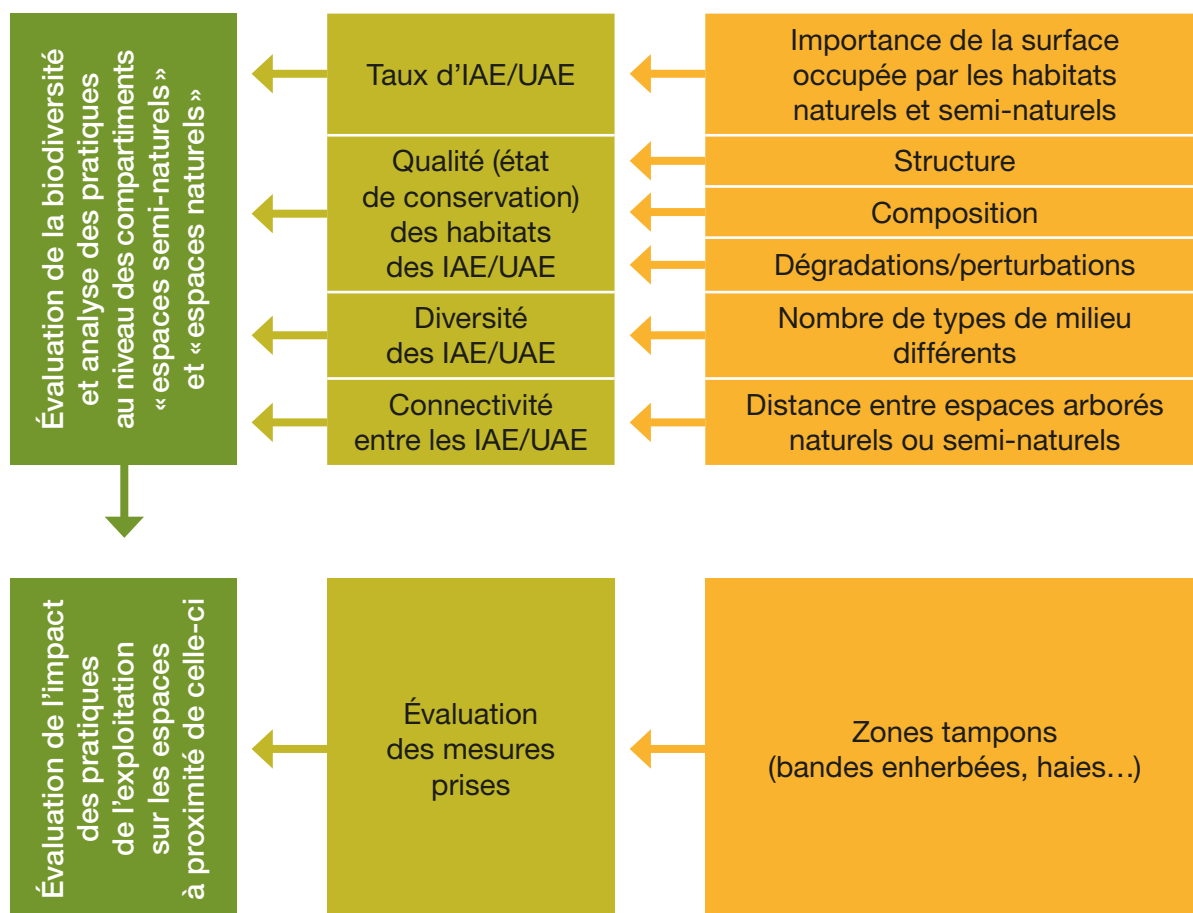
- Étape 1 : Commencez par lister les préalables nécessaires.
- Étape 2 : Ensuite complétez le tableau listant les types d'espaces à prendre en compte pour définir les évaluations à faire (suivre l'ordre de la méthodologie proposée).
- Étape 3 : Ensuite, pour chaque type d'évaluation, réalisez des diagrammes d'agrégation des indicateurs en y identifiant les données et informations manquantes pour réaliser l'évaluation.
- Étape 4 : Quand c'est terminé, listez les informations et données à obtenir en les classant par catégorie et en indiquant les analyses, mesures ou observations à faire.



Les petits exploitants qui approvisionnent Dieudonné ne sont pas pris en compte ici. Ils devraient être analysés chacun séparément ou par regroupement s'ils occupent une même zone de manière contiguë.

La méthodologie proposée au chapitre 2 est rappelée schématiquement dans le diagramme de flux ci-après





• **Étape 1 : Préalables**

Pour pouvoir faire le tableau ci-après de l'étape 2, des informations préalables sont nécessaires. Listez les (sans regarder le solutionnaire) et comparez ensuite (uniquement pour les préalables) avec le solutionnaire proposé plus loin au point 5.5.4.2.

• **Étape 2 : Etablissement du tableau des types d'évaluation à faire**

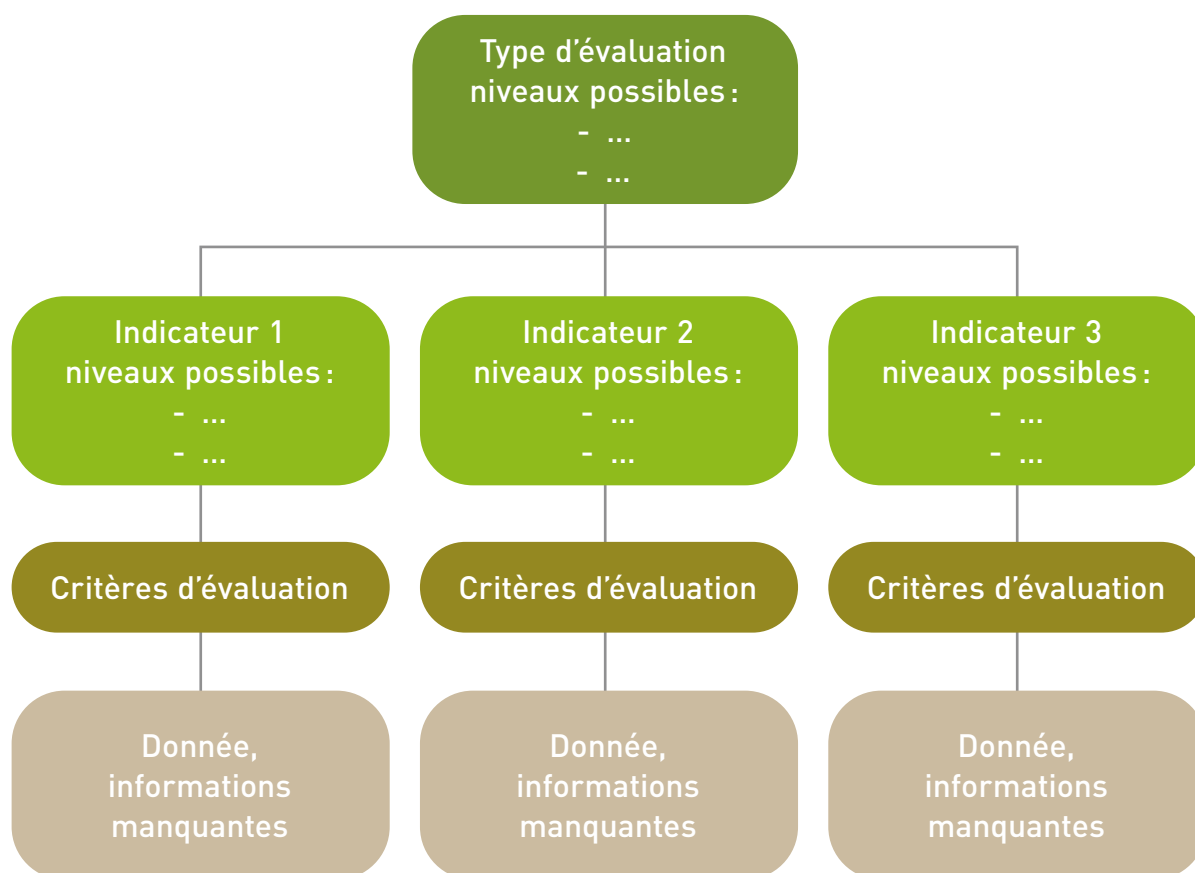
Sur base des informations données dans la partie 5.4.3., concernant les résultats sur ces préalables remplir le tableau suivant le modèle ci-dessous (au besoin, ajoutez des lignes dans le tableau) qui permettra de définir les types d'évaluation à faire en fonction des espaces présents dans et aux alentours de l'exploitation appartenant aux différents compartiments.

Tableau (exemple à imprimer et à compléter)

| Type de compartiment | Type d'espace | Type d'évaluation à faire |
|----------------------|---------------|---------------------------|
| | | |
| | | |

- **Étape 3: Etablissement des diagrammes par type d'évaluation**

Sur base du tableau précédent établissez pour chaque type d'évaluation retenu le diagramme d'agrégation des indicateurs. En suivant le modèle donné ci-après, indiquer le titre du type d'évaluation et les indicateurs en incluant chaque fois les différents niveaux possibles. Ensuite pour chaque indicateur mentionner les critères d'évaluation et les données/informations manquantes pour la réaliser.



- **Étape 4 :** En dernier, faites une liste avec classement **des observations, des analyses et des mesures qui seraient à réaliser** ou/et des **informations complémentaires** qui seraient à faire/obtenir préalablement à l'étape suivante qui est l'évaluation proprement dites de la biodiversité au sein de l'exploitation. Le classement sera établi par compartiment : compartiment des espaces cultivés, compartiment des espaces naturels et semi-naturels, compartiment des espaces aux alentours proches de l'exploitation et ensuite par type de biodiversité ou pratiques à évaluer.

5.3.2. Solutionnaire proposé

Vous avez réalisé votre partie de l'exercice? Bravo! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère de ces propositions. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure proposition? Rédigez en quelques lignes votre analyse et votre perception personnelle: cela vous aidera en fin d'exercice à retracer la logique de votre démarche.

5.3.2.1. Solutionnaire proposé: préalables (Étape 1)

1. Caractériser globalement l'exploitation par **cartographie du parcellaire et mesurer les surfaces occupées par les IAE/UAE.**
2. Obtenir des informations sur **l'historique de la gestion de la biodiversité** et de son évolution dans l'exploitation.
3. Demander quels sont les **ravageurs principaux des principales cultures** et à quelle période de l'année ils sont les plus présents.

5.3.2.2. Solutionnaire proposé: tableau des types d'évaluation à faire (Étape 2)

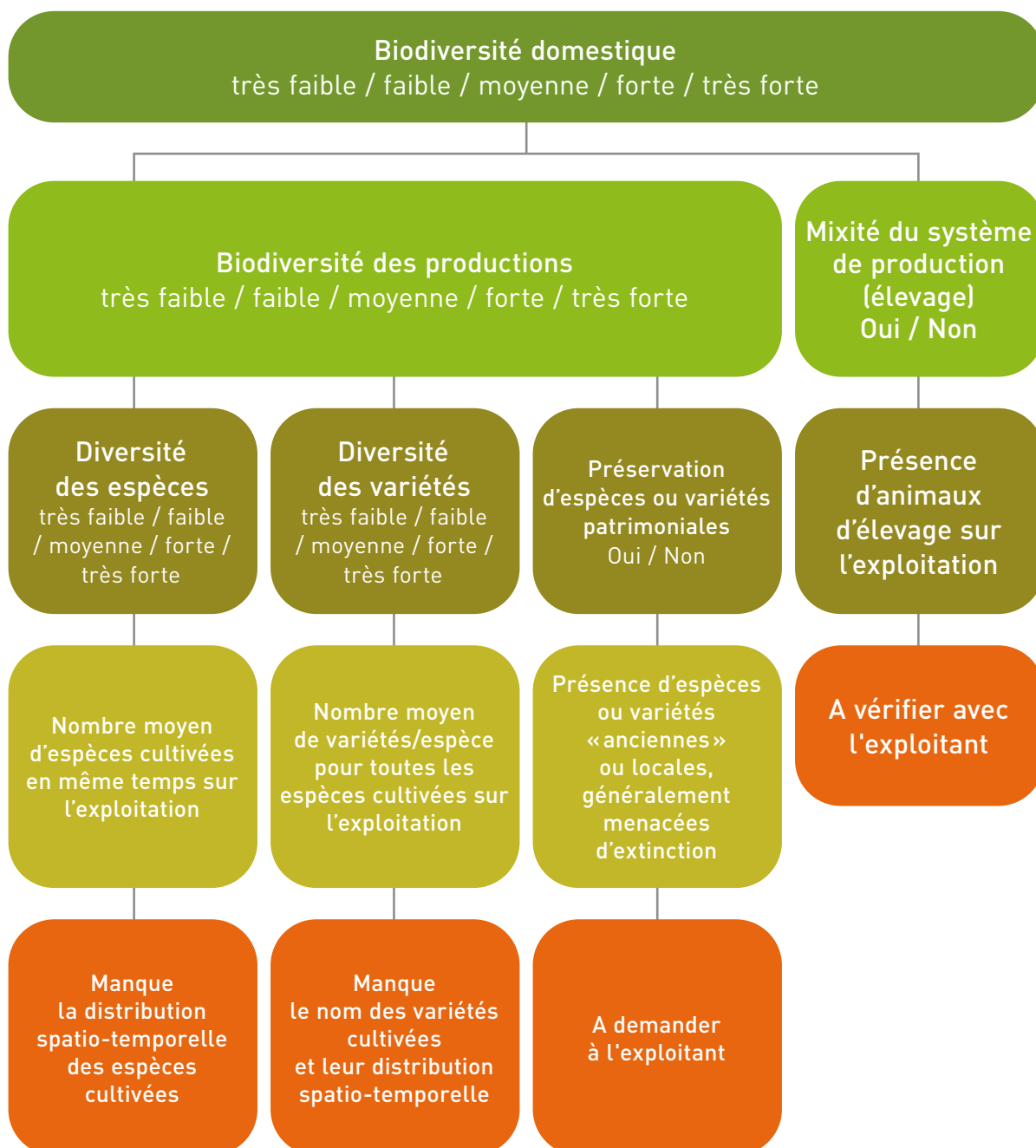
| Type de compartiment | Type d'espace | Type d'évaluation à faire |
|---------------------------------------|--------------------|---|
| Terrains cultivés sur la partie haute | Cultures annuelles | Biodiversité domestique <ul style="list-style-type: none"> • Diversité des espèces • Diversité des variétés |
| Terrains cultivés sur la partie basse | Cultures annuelles | Biodiversité sauvage para-agricole animale <ul style="list-style-type: none"> • Organismes du sol dans les grands carrés et les petits carrés • Présence d'auxiliaires sur les plantes pour: puceron sur haricot vert, tétranyque sur tomate, puceron sur gombo Itinéraires techniques <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation des produits phytosanitaires • Mécanisation • Gestion de l'azote Organisation spatiale et gestion temporelle <ul style="list-style-type: none"> • Diversité de l'assolement • Effet mosaïque • Mixité intra parcellaire • Gestion temporelle des couverts • Rotations |

| Type de compartiment | Type d'espace | Type d'évaluation à faire |
|---------------------------------------|---|--|
| Terrains cultivés sur la partie basse | Cultures pérennes (arbres fruitiers isolés) | Biodiversité domestique Diversité des espèces ** |
| IAE/UAE | Toutes celles présentes sur l'exploitation | Taux en IAE/UAE Diversité des IAE/UAE Connectivité entre les IAE/UAE |
| IAE/UAE | Mare | Qualité |
| IAE/UAE | Haies | Qualité |
| IAE/UAE | Bande enherbée | Qualité |
| Hors exploitation | Forêt classée | Existence et qualité de la zone tampon |
| Hors exploitation | Grandes cultures | Existence et qualité de la zone tampon |
| Hors exploitation | Cultures maraichères | Existence et qualité de la zone tampon |
| Hors exploitation | Cours d'eau temporaire | Existence et qualité de la zone tampon |
| Hors exploitation | Route | Existence et qualité de la zone tampon |

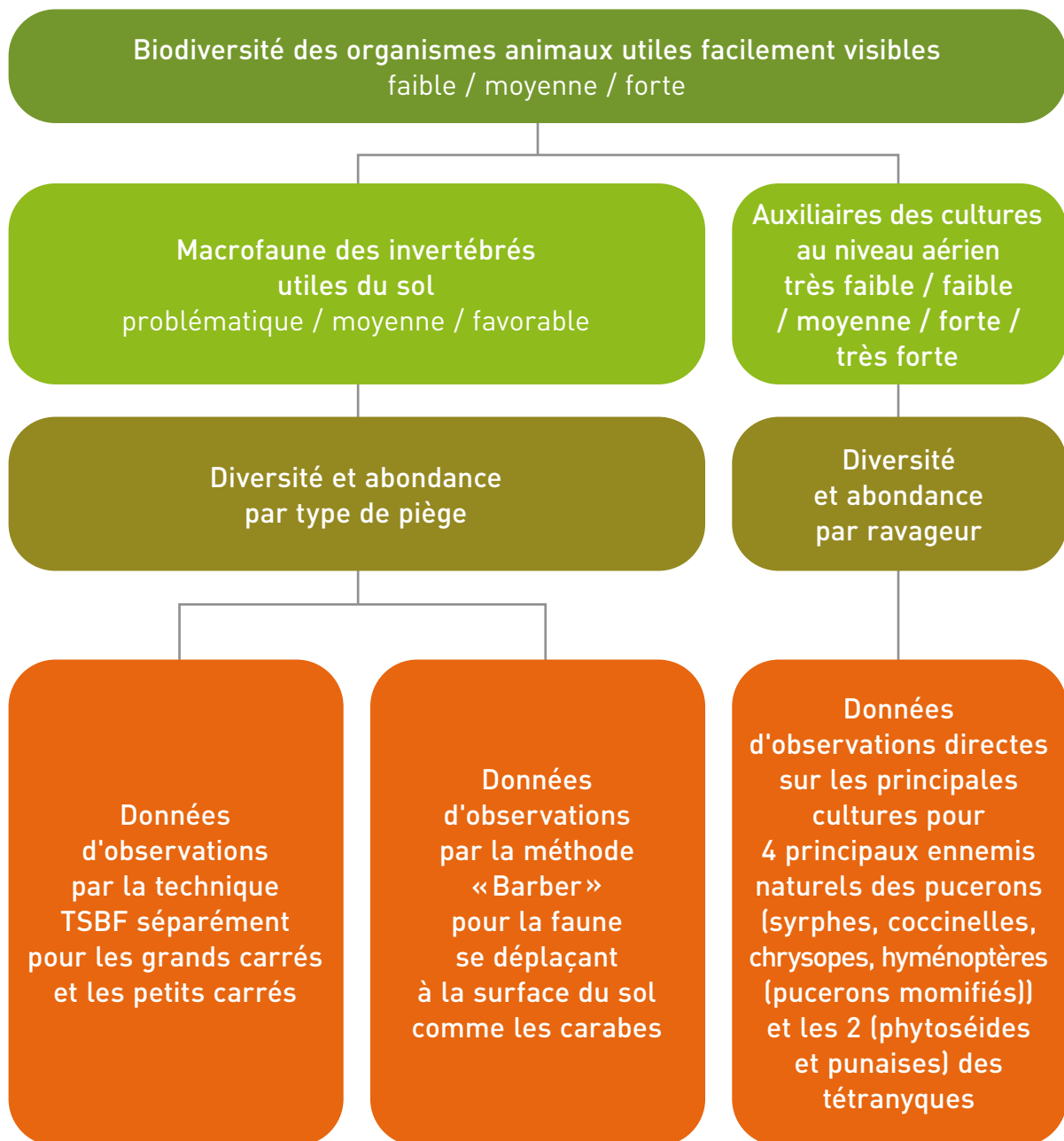
** les arbres fruitiers étant isolés et peu nombreux, il n'y a pas lieu de faire une évaluation sur les autres aspects mentionnés au chapitre 2 du manuel

5.3.2.3. Solutionnaire proposé : diagrammes des évaluations à faire (Étape 3)

Biodiversité domestique



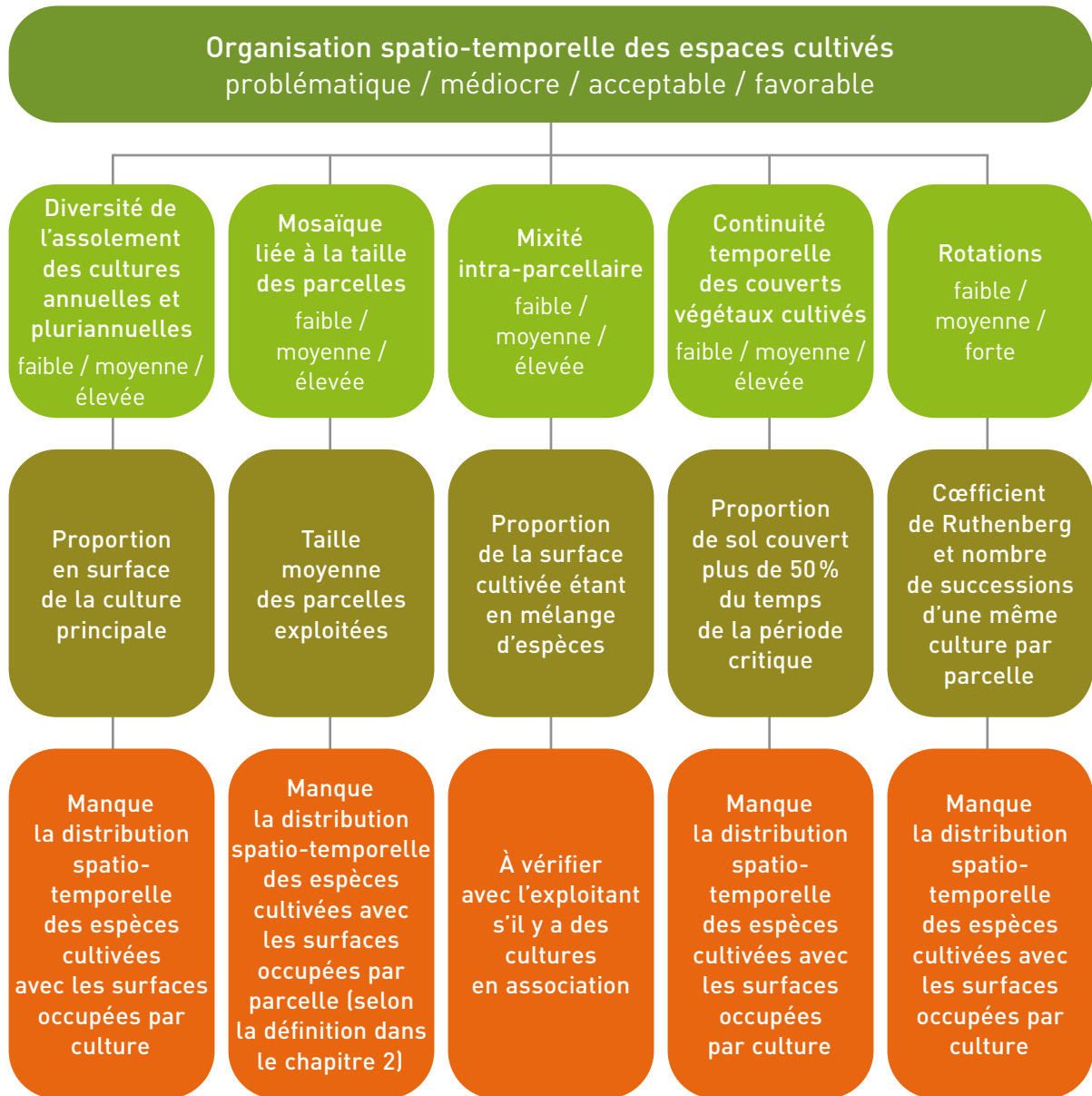
Biodiversité sauvage para-agricole animale



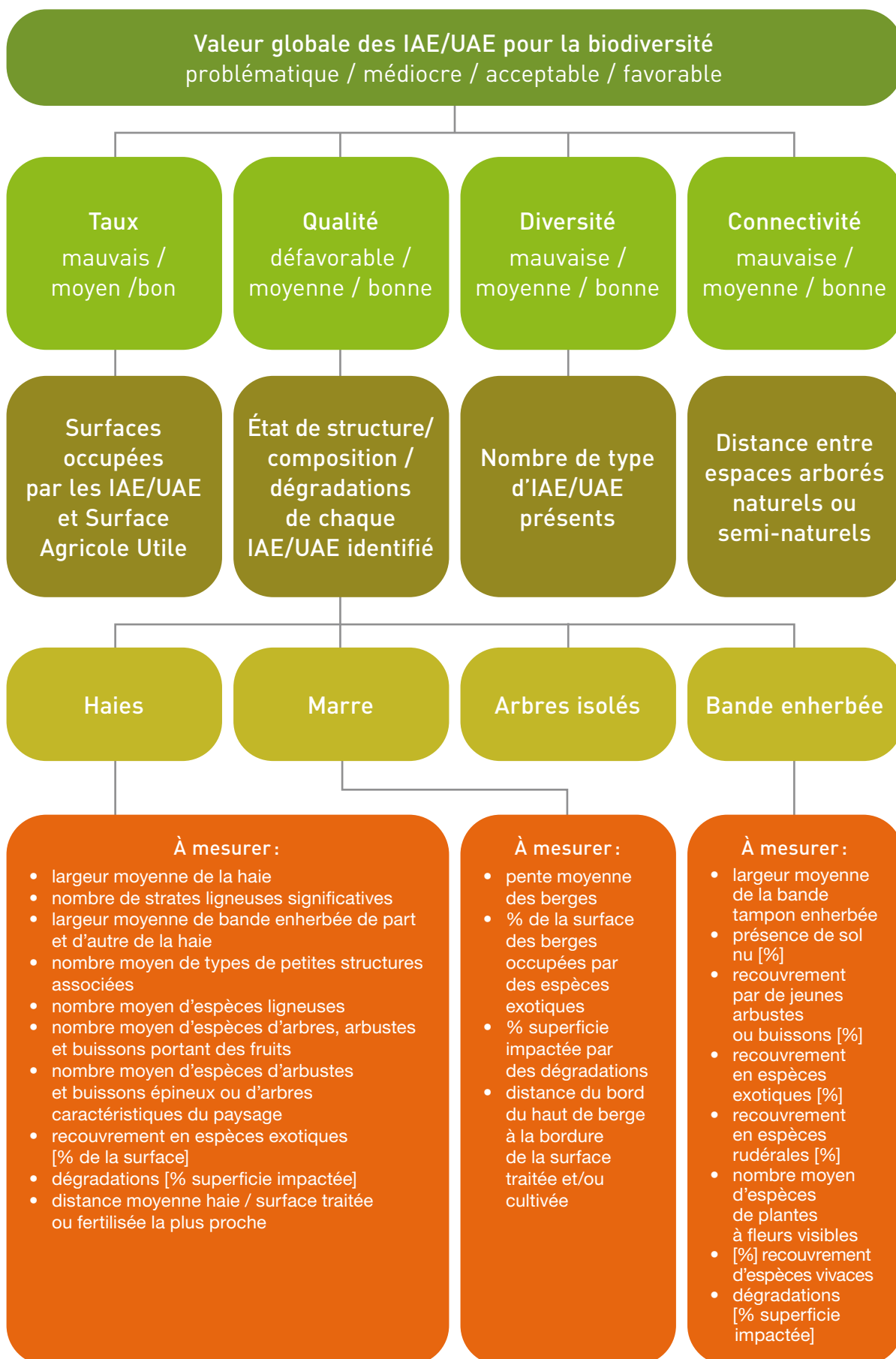
Itinéraires techniques



Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés



Biodiversité au niveau des IAE/UAE



Protection de la biodiversité des alentours proches de l'exploitation



5.3.2.4. *Solutionnaire proposé : liste classée des observations, analyses et mesures qui seraient à réaliser et/ou besoins en informations complémentaires (Étape 4)*

- **Pour le compartiment des espaces cultivés :**
 - Au niveau de la biodiversité domestique.
 - Distribution spatio-temporelle des espaces cultivés selon le modèle de l'annexe 5 du chapitre 2 pour calculer le nombre moyen d'espèces cultivées et le nombre moyen de variétés/espèce.
 - Demander à l'exploitant s'il y a présence sur l'exploitation d'espèces ou variétés « anciennes » ou locales menacées.
 - Demander à l'exploitant s'il y a présence d'élevage sur l'exploitation.
 - Au niveau de la biodiversité sauvage para-agricole.
 - Réaliser un échantillonnage de la macrofaune du sol un utilisant la méthode TSBF et le piège Barber.
 - Obtenir les données de comptage des auxiliaires pour les auxiliaires des pucerons sur haricot vert et gombo et des auxiliaires des tétranyques sur tomate.
 - Au niveau des itinéraires techniques.
 - Demander à l'exploitant un calendrier et positionnement spatial des applications d'herbicides spécifiques, d'insecticides et assimilés ainsi que de fongicides au cours des 12 derniers mois ou sur plusieurs années afin de calculer la proportion de la surface traitée par rapport à la surface cultivée.
 - Demander à l'exploitant les quantités de NPK (10-10-30) épandues sur les parcelles en une année ainsi que les quantités et les types de fumier épandues sur une année afin de calculer la quantité de N appliquée par ha et par an sur l'exploitation et la proportion d'N organique.
 - Au niveau de l'organisation spatiale et gestion temporelle.
 - Distribution spatio-temporelle des espaces cultivés pour calculer la proportion en surface de la culture principale, la taille moyenne des parcelles cultivées, la proportion de sol couvert et pour les rotations : le coefficient de Ruthenberg et la cotation sur base du nombre de succession d'une même culture.
 - Demander à l'exploitant s'il y a des cultures en association.
- **Pour le compartiment des espaces naturels et semi-naturels de l'exploitation :**
 - Au niveau qualité des IAE/UAE.
 - Obtenir les mesures identifiées dans le diagramme comme étant nécessaires à l'évaluation des différents espaces, à savoir :

Pour les haies :

 - largeur moyenne de la haie,
 - nombre de strates ligneuses significatives,

- largeur moyenne de bande enherbée de part et d'autre de la haie,
- nombre moyen de types de petites structures associées,
- nombre moyen d'espèces ligneuses,
- nombre moyen d'espèces d'arbres, arbustes et buissons portant des fruits,
- nombre moyen d'espèces d'arbustes et buissons épineux ou d'arbres caractéristiques du paysage,
- recouvrement en espèces exotiques [% de la surface],
- dégradations [% superficie impactée],
- distance moyenne haie / surface traitée ou fertilisée la plus proche.

Pour la mare :

- pente moyenne des berges,
- % de la surface des berges occupées par des espèces exotiques,
- % superficie impactée par des dégradations,
- distance du bord du haut de berge à la bordure de la surface traitée et/ou cultivée.

Pour la bande enherbée :

- largeur moyenne de la bande tampon enherbée,
- présence de sol nu [%],
- recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%],
- recouvrement en espèces exotiques [%],
- recouvrement en espèces rudérales [%],
- nombre moyen d'espèces de plantes à fleurs visibles,
- recouvrement d'espèces vivaces [%],
- dégradations [% superficie impactée].

- **Pour le compartiment des espaces situés autour de l'exploitation :**

- Au niveau qualité de la protection par des zones tampons.
 - Pour la zone tampon située le long du cours d'eau, obtenir les mesures de :
 - largeur moyenne de la bande tampon enherbée,
 - présence de sol nu [%],
 - recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%],
 - dégradations [% superficie impactée].

Mon analyse complémentaire (espace libre à remplir)

Préalables

.....

.....

.....

.....

.....

Tableau

.....

.....

.....

.....

.....

Diagrammes

.....

.....

.....

.....

.....

Observations, analyses et mesures qui seraient à réaliser
et/ou informations complémentaires à obtenir

.....

.....

.....

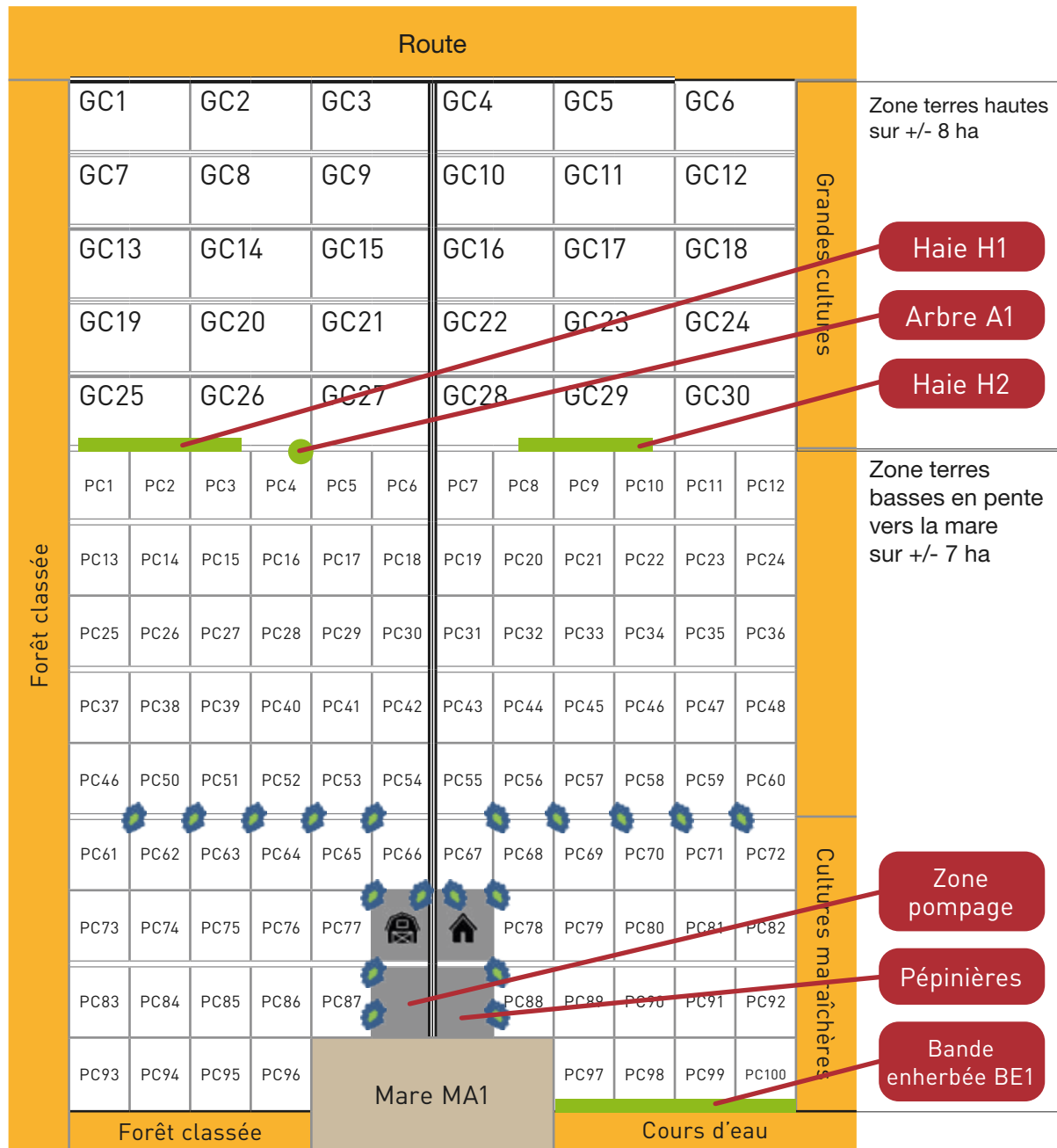
.....

.....

5.3.3. Résultats des analyses, mesures, observations et informations complémentaires obtenues

5.3.3.1. Préalables

Cartographie du parcellaire et surfaces occupées par les IAE/UAE



Légende

- Limite des parcelles
- Sentier avec conduite d'eau
- Chemin étroit avec canal
- Chemin large avec canal
- Chemin large avec conduite d'eau
- Haie
- Arbre remarquable
- 🌳 Arbre fruitier planté
- 🏠 Parcelle habitée
- 🌾 Parcelle avec bâtiments agricoles
- ↔ 25 m
- Non cultivé

IAE/UAE identifiés et surfaces occupées par ceux-ci

| Évaluation des infrastructures agro-écologiques | | | | | | | |
|---|--|----------------------|-------------|--------------|------|--------------|---------------------|
| Type IAE/UAE | Haies | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| H1 | 60 m x 2,5 m = 150 m ² | | | | | | |
| H2 | 60 m x 2,5 m = 150 m ² | | | | | | |
| Total | 300 m ² | | | | | | |
| Type IAE/UAE | Arbres isolés | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| A1 | 100 m ² | | | | | | |
| Total | 100 m ² | | | | | | |
| Type IAE/UAE | Bandes enherbées | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| BE1 | 100 m x 3 m = 300 m ² | | | | | | |
| Total | 300 m ² | | | | | | |
| Type IAE/UAE | Mares | État de conservation | | | | Observations | Mesures préconisées |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note | | |
| MA1 | 25 x 100 m = 2 500 m ² (berges comprises) | | | | | | |
| Total | 2 500 m ² | | | | | | |
| TOTAL GLOBAL des IAE/UAE | 3 200 m² | | | | | | |

SAU = 150 000 m² – 2 500 m² de zones bâties et de cours = 147 500 m²

Historique de la gestion de la biodiversité et évolution

| Questions guides | Réponses (par les agriculteurs) | Depuis quand ? |
|--|--|---|
| Quelles sont les plantes sauvages (herbes, arbustes, arbres, etc.) qui n'existent plus sur l'exploitation ? | Arbres : Baobab, <i>Acacia senegalensis</i> , <i>Acacia albida</i> Arbustes : <i>Combretum micranthum</i> | Depuis l'aménagement de la zone des grands carrés pour les cultures exports |
| Quelles sont les plantes cultivées qui n'existent plus sur l'exploitation ? | Mil et niébé sur la zone des grands carrés Choux et aubergines africaines sur la zone des petits carrés | Depuis l'aménagement de la zone des grands carrés pour les cultures exports |
| Quelles sont les nouvelles plantes sauvages qui poussent sur l'exploitation ? | Aucune n'a été remarquée | / |
| Quels sont les nouvelles plantes cultivées sur l'exploitation ? | Haricot vert | Depuis l'aménagement de la zone des grands carrés pour les cultures exports |
| Quels sont les insectes volants et non volants qui n'existent plus sur et dans le sol de l'exploitation ? | Pas de connaissance | / |
| Quels sont les nouveaux insectes volants et non volants qui existent sur et dans le sol de l'exploitation ? | Rien remarqué | / |
| Quels sont les animaux (ex. les rongeurs) qui n'existent plus sur l'exploitation ? | Aucun | / |
| Quels sont les nouveaux animaux sauvages qui existent sur l'exploitation ? | Aucun | / |
| Quelles sont les associations des cultures qui n'existent plus ? | Mil + niébé | Depuis l'aménagement de la zone des grands carrés pour les cultures exports |
| Quels sont les systèmes de rotation des cultures (succession des cultures et jachère sur l'exploitation) qui n'existent plus ? | / | / |

| Questions guides | Réponses (par les agriculteurs) | Depuis quand ? |
|--|--|--|
| Quels sont les autres changements par rapport aux plantes, insectes, animaux et systèmes de cultures ? | Des haies semi-naturelles délimitaient des groupes de parcelles individuelles dans la zone à petit carrés. Une haie se trouvait environ tous les 50 mètres. Seules des vestiges de ces haies persistent. | Depuis le réaménagement du site au début des productions exports |
| Quelles sont les raisons de tous ces changements observés ? | Réaménagement du site lors du début des productions export | / |
| Quelles sont les réponses apportées par l'exploitant ou les exploitants ? | / | / |
| Quel est l'impact de ces réponses sur la biodiversité ? | / | / |

Principaux ravageurs

| Culture | Ravageur | Période de forte infestation |
|--------------|-------------|------------------------------|
| Haricot vert | pucerons | février |
| Tomate | tétranyques | mars |
| Gombo | pucerons | avril |

5.3.3.2. *Données et informations complémentaires obtenues*

- **Pour le compartiment des espaces cultivés - au niveau de la biodiversité domestique**

Distribution spatio-temporelle des espaces cultivés

| Cultures annuelles | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|-----------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Parc. | Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | | Tot. |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| GC1 à GC24 | Haricot vert | Paulista | 6 | 6 | | | | | | | | | 6 | 6 | |
| GC25 à GC30 | Tomate | Datterino | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 | 2 | |
| GC1 à GC30 | Maïs | Locale | | | | | | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | |
| PC1 à PC36 | Tomate | Xina | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | |
| PC1 à PC36 | Maïs | Locale | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | |
| PC1 à PC36 | Gombo | Clemson | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 2,5 | |
| PC37 à PC84 | Tomate | Roma | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | |
| PC37 à PC84 | Maïs | Locale | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| PC37 à PC84 | Gombo | Locale | 3 | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | |
| PC85 à PC100 | Piment | Safi | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 | |
| PC85 à PC100 | Maïs | Locale | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |

Cultures pérennes : il y a 18 manguiers sur l'exploitation (9 de variété Kent et 9 de variété Keitt) il s'agit des arbres isolés

- **Présence sur l'exploitation d'espèces ou variétés « anciennes » ou locales menacées**

La variété de gombo locale cultivée est considérée par l'exploitant comme étant une variété de moins en moins cultivée en général.

- **Présence d'élevage sur l'exploitation**

Non, il n'y a pas d'élevage sur l'exploitation.

Pour le compartiment des espaces cultivés - au niveau de la biodiversité sauvage para-agricole

- **Macrofaune du sol**

- a. **Données obtenues par la méthode TSBF**

Abondance moyenne de vers de terre (par m² et sur 30 cm de profondeur)

| | Grands carrés | Petits carrés | Moyenne |
|---|---------------|---------------|---------|
| Vers de terre (toutes espèces confondues) | 10 | 70 | 40 |

Lors de l'utilisation de la méthode TSBF ont été aussi recensés les organismes les mieux connus de l'agriculteur. Pour certains groupes des distinctions ont été faites entre espèces mais sans pouvoir nommer les espèces ; les espèces sont donc identifiées par un numéro.

Abondance moyenne de la macrofaune souterraine (par m² et sur 30 cm de profondeur)

| | | Grands carrés | Petits carrés | Moyenne |
|-----------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------|
| Myriapodes (millepattes) | Espèce 1 | 6 | 27 | |
| | Espèce 2 | 1 | 10 | |
| | Total | 7 | 37 | 22 |
| Isoptères (termites) | Toutes espèces confondues | 20 | 100 | 60 |
| Isopodes (cloportes) | Toutes espèces confondues | 3 | 12 | 7,5 |
| Araignées | Espèce 1 | 6 | 3 | |
| | Espèce 2 | 1 | 2 | |
| | Espèce 3 | 1 | 2 | |
| | Total | 8 | 7 | 7,5 |
| Fourmis | Espèce 1 | 10 | 100 | |
| | Espèce 2 | 5 | 80 | |
| | Espèce 3 | 5 | 20 | |
| | Total | 20 | 200 | 110 |
| Larves de coléoptère | Espèce 1 | 10 | 30 | |
| | Espèce 2 | 1 | 10 | |
| | Espèce 3 | 1 | 8 | |
| | Total | 10 | 48 | 29 |
| Adultes de coléoptère | Espèce 1 | 7 | 12 | |
| | Espèce 2 | 2 | 8 | |
| | Total | 9 | 20 | 14,5 |

Calcul des indice de Shannon H' et d'équitabilité E

| | Grands carrés | | Petits carrés | | Moyenne | |
|--------------------------|---------------|------|---------------|------|---------|------|
| | H' | E | H' | E | H' | E |
| Myriapodes (millepattes) | 0,41 | 0,59 | 0,58 | 0,84 | 0,49 | 0,71 |
| Araignées | 0,74 | 0,67 | 1,08 | 0,98 | 0,91 | 0,82 |
| Fourmis | 1,04 | 0,95 | 0,94 | 0,86 | 0,99 | 0,95 |
| Larves de coléoptère | 0,57 | 0,52 | 0,92 | 0,84 | 0,74 | 0,63 |
| Adultes de coléoptère | 0,53 | 0,76 | 0,76 | 0,97 | 0,64 | 0,86 |

b. Données obtenues avec le piège Barber

Abondance moyenne des captures par semaine sur 4 semaines (relevés des pièges une fois par semaine)

| | | Grands carrés | Petits carrés |
|--------------------|----------|---------------|---------------|
| Carabes | Espèce 1 | 2 | 10 |
| | Espèce 2 | 1 | 5 |
| | Espèce 3 | 0 | 5 |
| Autres coléoptères | Espèce 1 | 2 | 4 |
| | Espèce 2 | 0 | 1 |

Ces données ne sont pas directement exploitables car il n'y a pas de références pour les classes d'abondance dans le chapitre 2 de ce manuel. Néanmoins elles pourront servir à évaluer l'évolution de la population des carabes suite à la mise en place de nouvelles pratiques. Ceci, bien évidemment à condition de refaire le piégeage dans des conditions climatiques similaires chaque année et sur un même poste.

• **Auxiliaires sur les plantes**

a. **Ennemis naturels des pucerons sur haricot vert dans la zone à grands carrés**

Tableau des observations du 15 février 2017

| Auxiliaires | Somme des cotations des 50 organes observés (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|--|---|------------------------|
| Coccinelles | 40 | 2 |
| Syrphes | 50 | 2 |
| Chrysopes | 0 | 1 |
| Parasitoïdes hyménoptères | 40 | 2 |
| Somme des cotations des niveaux de présence des différents types auxiliaires | | 7 |

b. Ennemis naturels des pucerons sur gombo dans la zone à petits carrés

Tableau des observations du 15 et 22 avril 2017

| Auxiliaires | Moyenne des deux dates d'observations de la somme des cotations des 50 organes observés par date (10 emplacements x 5 organes par emplacement) | Cotation des présences |
|--|--|------------------------|
| Coccinelles | 50 | 3 |
| Syrphes | 70 | 2 |
| Chrysopes | 20 | 1 |
| Parasitoïdes hyménoptères | 70 | 3 |
| Somme des cotations des niveaux de présence des différents types auxiliaires | | 9 |

En ce qui concerne les ennemis naturels de tétranyques les données n'ont pas pu être obtenues vu que les nombreux traitements préventifs effectués ne conduisent jamais à des populations importantes de tétranyques sur tomate.

Pour le compartiment des espaces cultivés - au niveau des itinéraires techniques

- Utilisation d'herbicides spécifiques, d'insecticides et assimilés ainsi que de fongicides

Parcelles traitées en 2017

| Type de traitement | Grands carrés | Petits carrés | Total surface traitée |
|------------------------|--|---|-----------------------|
| Herbicide sélectif | GC1 à GC30 : 2 traitements = 8 ha | Pas de traitement | 8 ha |
| Insecticide/ acaricide | GC1 à GC30 : 4 à 6 trait. (tomate : 4 trait., haricot vert : 2 traitements, maïs : 2 trait.) par parcelle = 8 ha | PC1 à 36 : 2,5 ha (gombo 4 trait., maïs : 0) PC37 à 84 : 3 ha (tomate 3 trait., gombo 3 trait., maïs 0) PC 85 à 100 : 1 ha (piment 6 trait., maïs 0) = 6,5 ha | 14,5 ha |
| Fongicide | GC1 à GC30 : 2 trait. (tomate : 2 trait., haricot vert : 2 trait., maïs : 0) par parcelle = 8 ha | PC1 à 100 : pas de fongicide | 8 ha |

- Quantités de NPK (10-10-30) ainsi que quantités et types de fumier épandues sur les parcelles en une année

Épandages de NPK (10-10-30) sur une année

| Culture | Quantités d'engrais NPK/ha | Superficie cultivée | Total engrais NPK/an |
|----------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Grands carrés | | | |
| Maïs | 300 kg/ha en fond et 200 kg/ha en entretien avant 10 feuilles = 500 kg/ha | 8 ha | 4 000 kg |
| Haricot vert | 200 kg/ha en fond et 300 kg/ha en entretien | 6 ha | 3 000 kg |
| Tomate | 400 kg/ha en fond et 200 kg/ha X 4 applications en entretien = 1 200 kg/ha | 2 ha | 2 400 kg |
| Petits carrés | | | |
| Maïs | 300 kg/ha en fond et 200 kg/ha en entretien avant 10 feuilles = 500 kg/ha | 6,5 ha | 3 250 kg |
| Tomate | 200 kg/ha en fond et 200 kg/ha X 4 applications en entretien = 1 000 kg/ha | 5,5 ha | 5 500 kg |
| Gombo | 200 kg/ha x 3 applications = 600 kg | 5,5 ha | 3 300 kg |
| Piment | 300 kg/ha en fond et 150 kg/ha X 5 applications en entretien = 1 050 kg/ha | 1 ha | 1 050 kg |
| | | Total sur les 14,5 ha | 22 500 kg |

Épandages fumier de vache par an

| Culture | Quantité épandue par ha | Superficie cultivée | Total fumier/an |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| Grands carrés | | | |
| Maïs | 10 t/ha | 8 ha | 80 t |
| Haricot vert | 10 t/ha | 6 ha | 60 t |
| Tomate | 20 t/ha | 2 ha | 40 t |
| Petits carrés | | | |
| Maïs | 10 t/ha | 6,5 ha | 65 t |
| Tomate | 10 t/ha | 5,5 ha | 55 t |
| Gombo | 10 t/ha | 5,5 ha | 55 t |
| Piment | 10 t/ha | 1 ha | 10 t |
| | | Total sur les 14,5 ha | 365 t |

Pour le compartiment des espaces cultivés - au niveau de l'organisation spatiale et de la gestion temporelle des espaces cultivés

- **Distribution spatio-temporelle des espaces cultivés**

La distribution spatio-temporelle des espaces cultivés a été donnée dans le Manuel.

- **Mélange d'espèces**

L'exploitant confirme qu'il n'y a aucune culture en association sur l'exploitation.

Pour le compartiment des espaces naturels et semi-naturels de l'exploitation - au niveau qualité des IAE/UAE

Pour les haies

| | H1 | H2 |
|---|---|---|
| Structure | | |
| Largeur moyenne | 2,5 m | 2,5 m |
| Nombre de strates ligneuses | 2 (haute et basse) | 2 (haute et basse) |
| Largeur moyenne de bande enherbée | 1 m | 1 m |
| Nombre moyen types de petites structures associées | 2 (tas de branches et bois mort sur pied) | 2 (tas de branches et bois mort sur pied) |
| Composition | | |
| Nombre moyen d'espèces ligneuses | 3 | 3 |
| Nombre moyen d'espèces d'arbres, arbustes et buissons portant des fruits | 1 | 1 |
| Nombre moyen d'espèces d'arbustes et buissons épineux ou d'arbres caractéristiques du paysage | 1 (Jujubier) | 1 (Jujubier) |
| Recouvrement en espèces exotiques | 0 % | 0 % |
| Dégradations/perturbations | | |
| Dégradations | 15 % (brûlage) | 15 % (brûlage) |
| Distance moyenne haie / surface traitée ou fertilisée la plus proche | 1,5 m | 1,5 m |

Pour la mare

| Structure | |
|---|--------------|
| Pente moyenne des berges | 30° |
| Composition | |
| % de la surface des berges occupées par des espèces exotiques | 0 % |
| Dégradations/perturbations | |
| % superficie impactée par des dégradations | 8 % captages |
| Distance du bord du haut de berge à la bordure de la surface traitée et/ou cultivée | 0,5 m |

Pour la bande enherbée

| Structure | |
|---|----------------|
| Largeur moyenne de la bande tampon enherbée | 3 m |
| présence de sol nu [%] | 25 % |
| recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%] | 30 % |
| Composition | |
| recouvrement en espèces exotiques [%] | 0 % |
| recouvrement en espèces rudérales [%] | 0 % |
| nombre moyen d'espèces de plantes à fleurs visibles | À faire* |
| recouvrement d'espèces vivaces [%] | À faire* |
| Dégradations/perturbations | |
| dégradations [% superficie impactée] | 15 % (brûlage) |

*cette observation est à faire au moment favorable à la croissance des herbes dans la zone

Pour le compartiment des espaces situés autour de l'exploitation - Au niveau qualité de la protection par des zones tampons

- **Pour la zone tampon située le long du cours d'eau :**
 - largeur moyenne de la bande tampon enherbée,
 - présence de sol nu [%],
 - recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%],
 - dégradations [% superficie impactée].

Même données que plus haut

| | |
|---|----------------|
| Largeur moyenne de la bande tampon enherbée | 3 m |
| présence de sol nu [%] | 25 % |
| recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%] | 30 % |
| dégradations [% superficie impactée] | 15 % (brûlage) |

Les autres zones extérieures ne sont pratiquement protégées par aucune zone tampon ; seule une bande de 1,5 m est laissée en friche tout le long de la clôture du périmètre.

5.4. PARTIE 3 : ÉVALUATION GLOBALE ET IDENTIFICATION DES LACUNES AU NIVEAU DE LA BIODIVERSITÉ

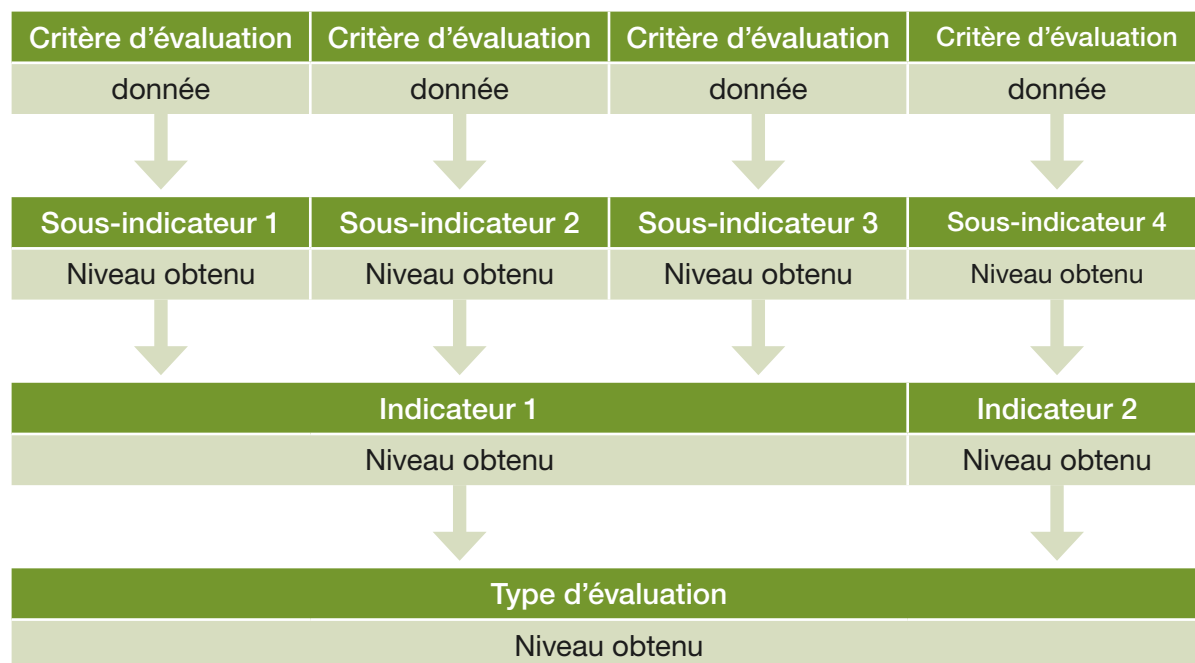
5.4.1. Consignes

Consigne

i Vous avez maintenant les informations/données nécessaires pour réaliser l'évaluation proprement dite de la biodiversité de l'exploitation et l'identification des lacunes. Réalisez maintenant les différents types d'évaluations, l'un après l'autre, en suivant les diagrammes d'agrégation établis dans la partie 3.2. et en tenant compte des informations disponibles dans la partie 3.3. et des méthodes de cotation expliquée au chapitre 2. Faites, quand nécessaire, les derniers calculs, pour obtenir les valeurs nécessaires, sur base des données brutes disponibles. Parcourez les diagrammes de base du bas vers le haut et reprenez-les sous forme de processus (voir canevas à suivre ci-après) en y indiquant les valeurs disponibles et les niveaux qui en découlent.

À la fin de chaque processus, mentionnez les lacunes identifiées et les niveaux qu'il faudrait atteindre pour avoir une situation globalement satisfaisante. Identifiez les éléments manquants éventuels qui pourraient permettre d'affiner l'évaluation.

Canevas du processus



5.4.2. Solutionnaire proposé

Vous avez réalisé votre partie de l'exercice? Bravo! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère de ces propositions. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure proposition? Rédigez en quelques lignes votre analyse des résultats et votre perception personnelle: cela vous aidera en fin d'exercice à retracer la logique de votre démarche.

5.4.2.1. Biodiversité domestique

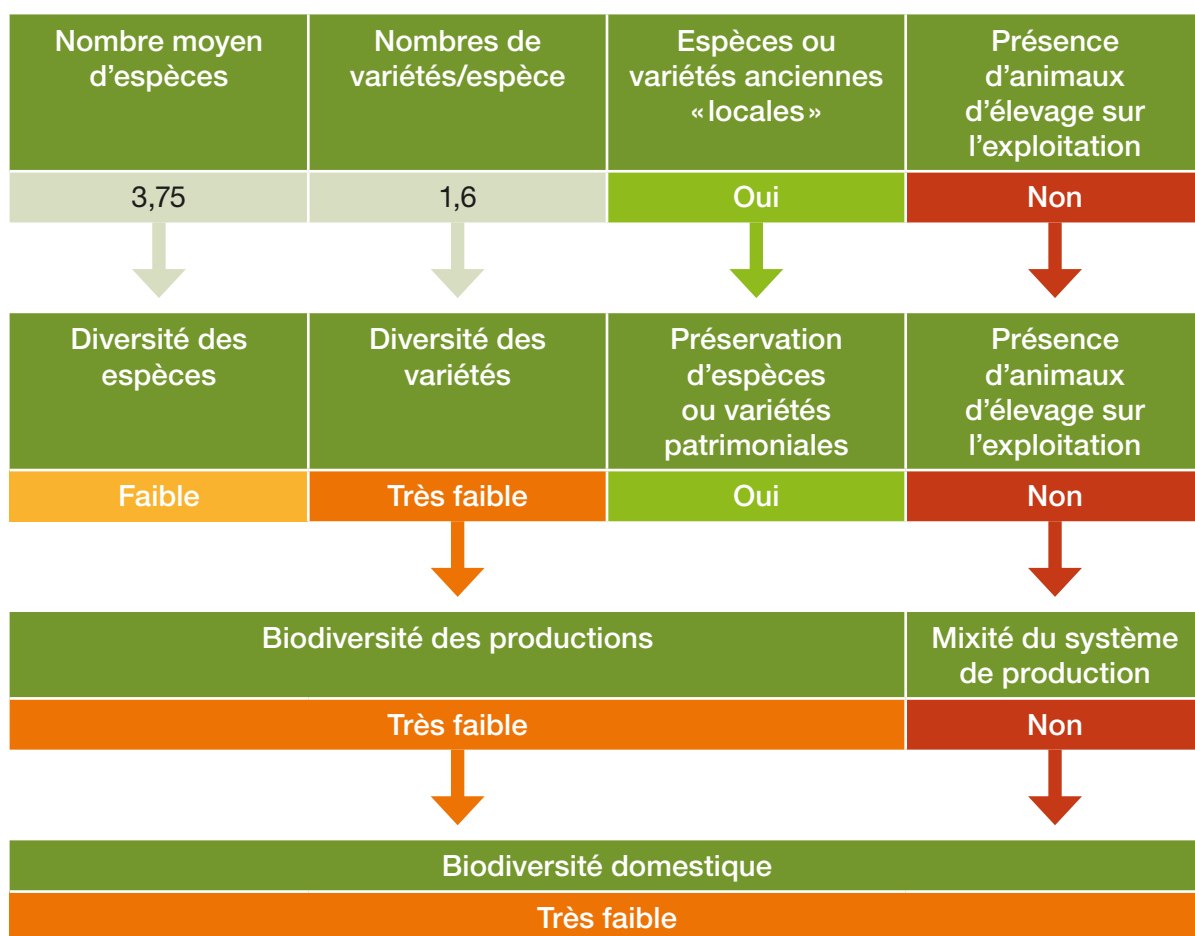
a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

Nombre d'espèces et nombre de variétés par espèce

| Parc. | Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | | Tot. | |
|--|--------------|-----------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| GC1 à GC24 | Haricot vert | Paulista | 6 | 6 | | | | | | | | | 6 | 6 | | |
| GC25 à GC30 | Tomate | Datterino | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 | 2 | | |
| GC1 à GC30 | Maïs | Locale | | | | | | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | | |
| PC1 à PC36 | Tomate | Xina | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | |
| PC1 à PC36 | Maïs | Locale | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | |
| PC1 à PC36 | Gombo | Clemson | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 2,5 | | |
| PC37 à PC84 | Tomate | Roma | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | |
| PC37 à PC84 | Maïs | Locale | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | |
| PC37 à PC84 | Gombo | Locale | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | | |
| PC85 à PC100 | Piment | Safi | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | |
| PC85 à PC100 | Maïs | Locale | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Totaux pour cultures annuelles | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hectare | Surface | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | |
| | Nombre | Espèces | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 33 | |
| | Nombre | Variétés | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 39 | |
| Cultures pérennes : il y a 18 manguiers sur l'exploitation (9 de variété Kent et 9 de variété Keitt) | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Parc. | Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | | Tot. |
|-------|-------------------------------------|----------|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | Nombre | Espèces | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| | Nombre | Variétés | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 24 |
| | Nombre moyen d'espèces par mois | | $33+12/12 = 3,75$ | | | | | | | | | | | | |
| | Nombre moyen de variétés par espèce | | $8/5 = 1,6$ | | | | | | | | | | | | |

b. Diagramme d'évaluation de la biodiversité domestique



c. Diagramme d'évaluation de la biodiversité domestique

Pour que la biodiversité domestique soit acceptable il faudrait arriver à un nombre moyen d'espèces d'au moins 6 et un nombre de variétés /espèce d'au moins 3. Si en plus on fait un peu d'élevage dans l'exploitation le niveau de biodiversité domestique pourrait être considéré comme fort.

5.4.2.2. Biodiversité sauvage para-agricole animale

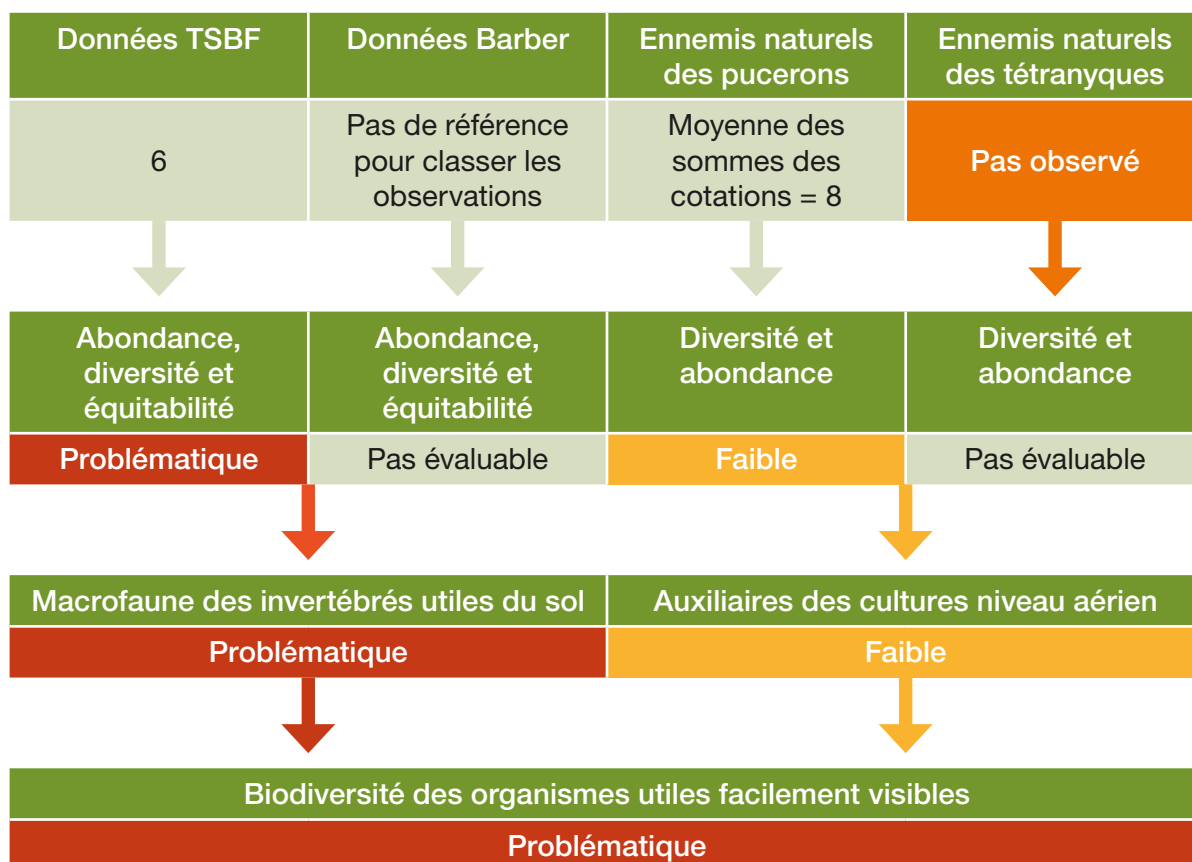
a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

- Valeurs des données TSBF pour 4 taxons (ceux pour les quelles des classes d'abondance sont proposés au chapitre 2)

| Organisme | Abondance | Diversité (H') | Équitabilité (E) | Évaluation globale totale |
|-----------------------------------|-----------|----------------|------------------|---------------------------|
| Vers de terre | 2 | / (1) | / (1) | 4 |
| Myriapodes | 2 | 1 | 2 | 5 |
| Termites | 4 | / (2) | / (2) | 8 |
| Fourmis | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Cotation globale des données TSBF | | | | 24/4 = 6 |

- Cotation moyenne des ennemis naturels des pucerons
En moyenne on a une cotation sur l'exploitation qui est égale à 8 ((9 (sur haricot vert) + 7 (sur gombo))/2).

b. Diagramme d'évaluation de la biodiversité sauvage para-agricole animale



c. Conclusions et lacunes identifiées

Sur base de ce qui a été observé, la biodiversité sauvage para-agricole est globalement problématique dans l'exploitation. En ce qui concerne les ennemis naturels des pucerons, la cotation globale moyenne devrait être supérieure à 8 pour être acceptable. Pour la macrofaune du sol, c'est la biodiversité en vers de terre, myriapodes et fourmis qui est particulièrement faible. Pour avoir une biodiversité acceptable il faudrait par exemple que l'abondance soit au moins doublée pour les vers de terre, triplée pour les fourmis et quintuplée pour les myriapodes.

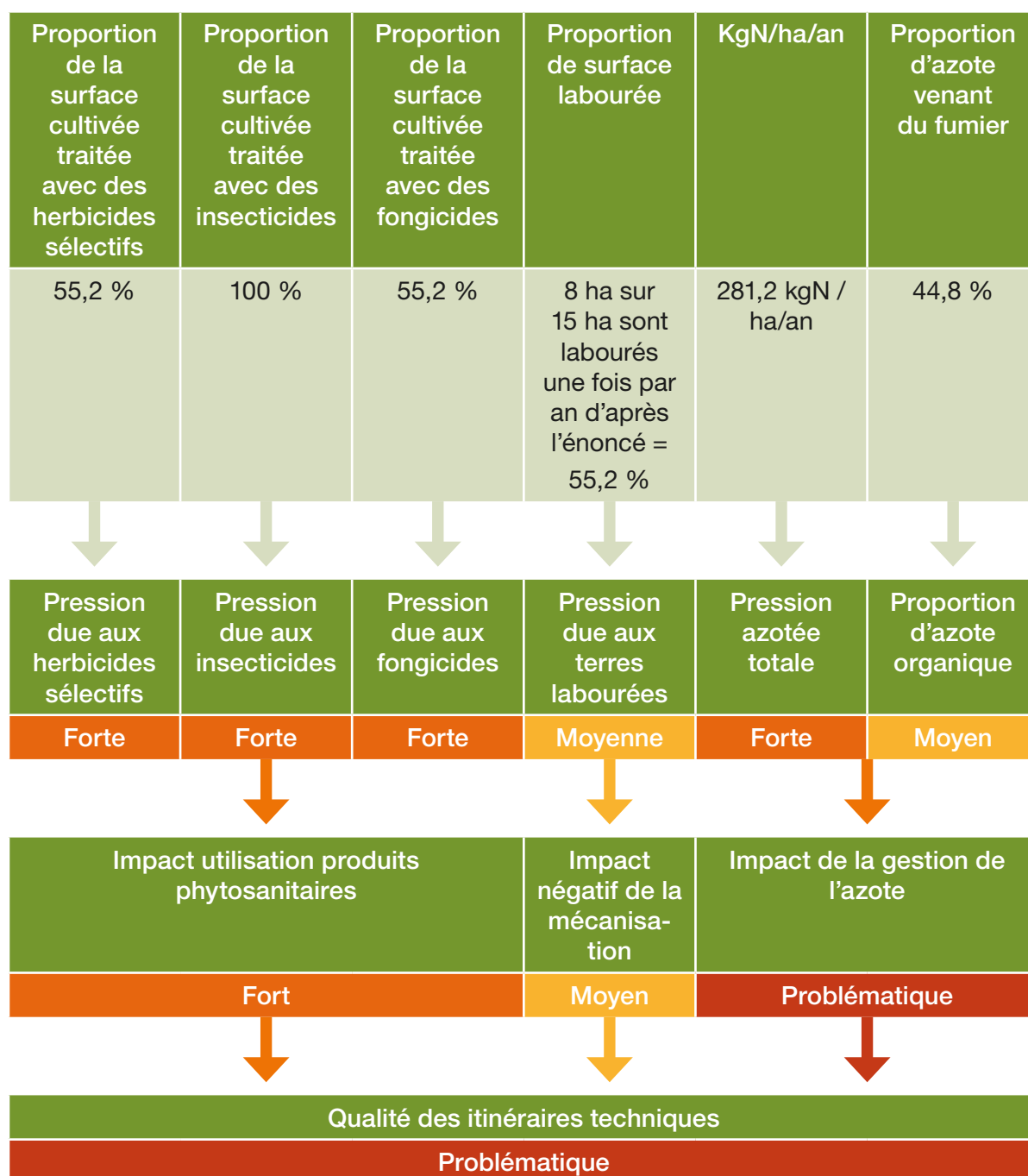
L'analyse des données brutes montrent que c'est surtout sur les grands carrés que la situation est critique.

5.4.2.3. Itinéraires techniques

a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

- Proportions des surfaces traitées avec des Produits Phytosanitaires
 Proportion surface traitée avec herbicides : $8/14,5 \times 100 = 55,2\%$
 Proportion surface traitée avec insecticides : $14,5/14,5 \times 100 = 100\%$
 Proportion surface traitée avec fongicides : $8/14,5 \times 100 = 55,2\%$
- Calcul des kgN/ha/an
 $22500 \text{ kg de NPK (10-10-30) sur } 14,5 \text{ ha/an} = 1552 \text{ kg/ha/an} = 155,2 \text{ kgN//ha/an}$
 $+ 365 \text{ t de fumier de vache sur } 14,5 \text{ ha/an} = 25,2 \text{ t/ha/an}$; sur base de 5 kg de N par tonne de fumier : $126 \text{ kgN/ha/an} = \text{total de } 281,2 \text{ kgN /ha/an}$
- Calcul de la proportion d'azote venant du fumier
 $126/281,2 \times 100 = 44,8\%$

b. Diagramme d'évaluation de la qualité des itinéraires techniques



c. Conclusions et lacunes identifiées

La qualité des itinéraires techniques est problématique notamment à cause d'une pression azotée trop forte et d'une utilisation trop importante des produits phytosanitaires.

La quantité d'azote appliquée via les engrais minéraux et le fumier devrait être réduite afin d'atteindre une valeur maximale de 200 kgN/ha/an tout en gardant une proportion suffisante d'N provenant de la fumure organique.

La pression due aux produits phytosanitaires devrait être réduite en diminuant la proportion des surfaces traitées. Il faudrait essayer d'atteindre une proportion maximale de 30%. Cependant une analyse plus approfondie sur l'utilisation des produits phytosanitaires est nécessaire afin de pouvoir proposer des alternatives, notamment des produits de biocontrôle ne devant pas pris en compte pour le calcul des surfaces traitées.

Une amélioration peut également être apportée en diminuant les surfaces qui subissent un labour par retournement.

5.4.2.4. Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés

a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

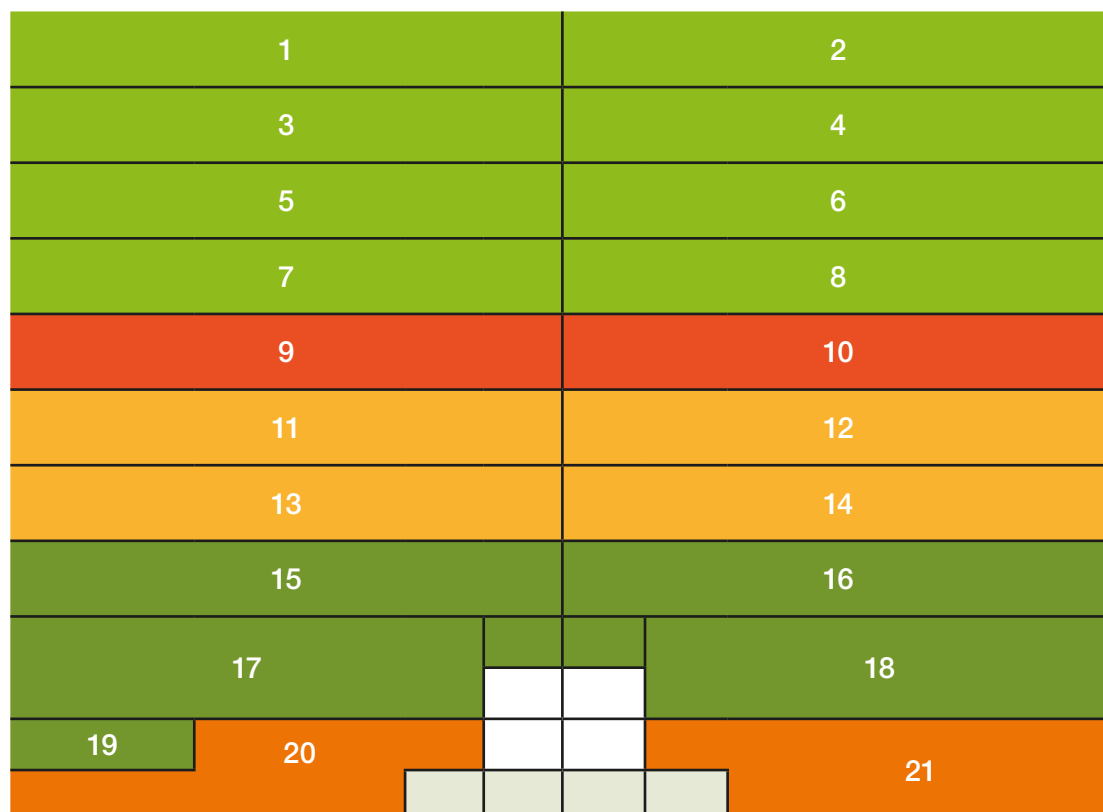
- Proportion de la culture principale

Tableau de calcul de la proportion de la culture principale

| Parcelles | Espèce | Variété | Hectares d'occupation par mois | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-----------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| GC1 à GC24 | Haricot vert | Paulista | 6 | 6 | | | | | | | | | 6 | 6 |
| GC25 à GC30 | Tomate | Datterino | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 | 2 |
| GC1 à GC30 | Maïs | Locale | | | | | | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| PC1 à PC36 | Tomate | Xina | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | |
| PC1 à PC36 | Maïs | Locale | | | | | | | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | |
| PC1 à PC36 | Gombo | Clemson | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | | | | | | | | 2,5 |
| PC37 à PC84 | Tomate | Roma | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | |
| PC37 à PC84 | Maïs | Locale | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| PC37 à PC84 | Gombo | Locale | 3 | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 |
| PC85 à PC100 | Piment | Safi | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 |
| PC85 à PC100 | Maïs | Locale | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| Totaux | | | | | | | | | | | | | | |
| Hectare | Surface | | 14,5 | 14,5 | 8,5 | 6,5 | 6,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 13,5 | 7,5 | 14,5 | 14,5 |
| Proportion culture principale en % | | | 41,4 | 41,4 | 58,8 | 84,6 | 84,6 | 82,8 | 82,8 | 100 | 100 | 40 | 41,4 | 41,4 |
| | | Moyenne | 66,6 % | | | | | | | | | | | |

- Taille moyenne des parcelles cultivées

En considérant la définition donnée au chapitre 2 et que les chemins et sentiers constituent aussi des séparations physique des parcelles et en tenant compte des informations sur la distribution spatio-temporelle de la page 295; on peut déterminer le nombre de parcelles pour chaque mois de l'année comme illustré dans le schéma ci-dessous pour le mois de novembre comme exemple.



Légende

- Ligne de séparation des parcelles identifiées
- Haricot vert
- Tomate
- Maïs
- Gombo
- Piment

Le nombre de parcelles identifiées pour l'ensemble de l'année est compilé dans le tableau ci-dessous à partir duquel on calcule la taille moyenne des parcelles.

| Parc. | Espèce | Variété | Nombre de parcelles identifiées par mois d'occupation | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-----------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| GC1 à GC24 | Haricot vert | Paulista | 8 | 8 | | | | | | | | | 8 | 8 |
| GC25 à GC30 | Tomate | Datterino | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 | 2 |
| GC1 à GC30 | Maïs | Locale | | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | | | |
| PC1 à PC36 | Tomate | Xina | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |
| PC1 à PC36 | Maïs | Locale | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| PC1 à PC36 | Gombo | Clemson | 4 | 4 | 4 | | | | | | | | | 4 |
| PC37 à PC84 | Tomate | Roma | | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | |
| PC37 à PC84 | Maïs | Locale | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | | |
| PC37 à PC84 | Gombo | Locale | 5 | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 |
| PC85 à PC100 | Piment | Safi | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 |
| PC85 à PC100 | Maïs | Locale | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| Totaux et moyennes | | | | | | | | | | | | | | |
| Hectare | Surface | | 14,5 | 14,5 | 8,5 | 6,5 | 6,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 13,5 | 7,5 | 14,5 | 14,5 |
| Nombre | Parcelles | | 21 | 21 | 13 | 11 | 11 | 21 | 21 | 21 | 19 | 11 | 21 | 21 |
| Taille moyenne parcelles | Surface en ha | | 0,69 | 0,69 | 0,65 | 0,59 | 0,59 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,71 | 0,68 | 0,69 | 0,69 |
| Taille moyenne générale sur 12 mois | | | 0,67 ha = 6 700 m ² 4,6 % (6 700 / 145 000 x 100) par rapport à la surface cultivée | | | | | | | | | | | |

- Continuité du couvert végétal et rotations

Tableau pour l'analyse des rotations et de la continuité du couvert végétal établi sur base du tableau de la page 295

| Par. | Surf. (ha) | Occupation par mois | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|---------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|------|------|--------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | Saison sèche | | | | | | Saison des pluies | | | | Saison sèche | |
| GC1 à GC24 | 6 | Haricot vert | Haricot vert | | | | Mais | Mais | Mais | Mais | * | Haricot vert | Haricot vert |
| GC25 à GC30 | 2 | Tomate | Tomate | Tomate | | | Mais | Mais | Mais | Mais | Tomate | Tomate | Tomate |
| PC1 à PC36 | 2,5 | Gombo | Gombo | Gombo | Tomate | Tomate | Tomate | Tomate | Mais | Mais | Mais | Mais | Gombo |
| PC37 à PC84 | 3 | Gombo | Tomate | Tomate | Tomate | Tomate | Mais | Mais | Mais | Mais | Gombo | Gombo | Gombo |
| PC85 à PC100 | 1 | Piment | Piment | Piment | Piment | Mais | Mais | Mais | Mais | * | * | Piment | Piment |

N.B. Les cases en rouge indiquent l'absence de couvert végétal (pas de culture ni de végétation spontanée ou de déchets de culture (litière))

* Pour septembre et octobre on considère que, vu la saison des pluies, le terrain non cultivé se recouvre naturellement de végétation

Tableau pour l'analyse de la continuité du couvert végétal

| Taux de superficie couverte par mois | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Saison sèche | | | | | | Saison des pluies | | | | Saison sèche | |
| 100 % | 100 % | 58,6% | 44,8% | 44,8% | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |

Moyenne de la proportion de sols couverts sur les 8 mois de saison sèche = 80,15 %

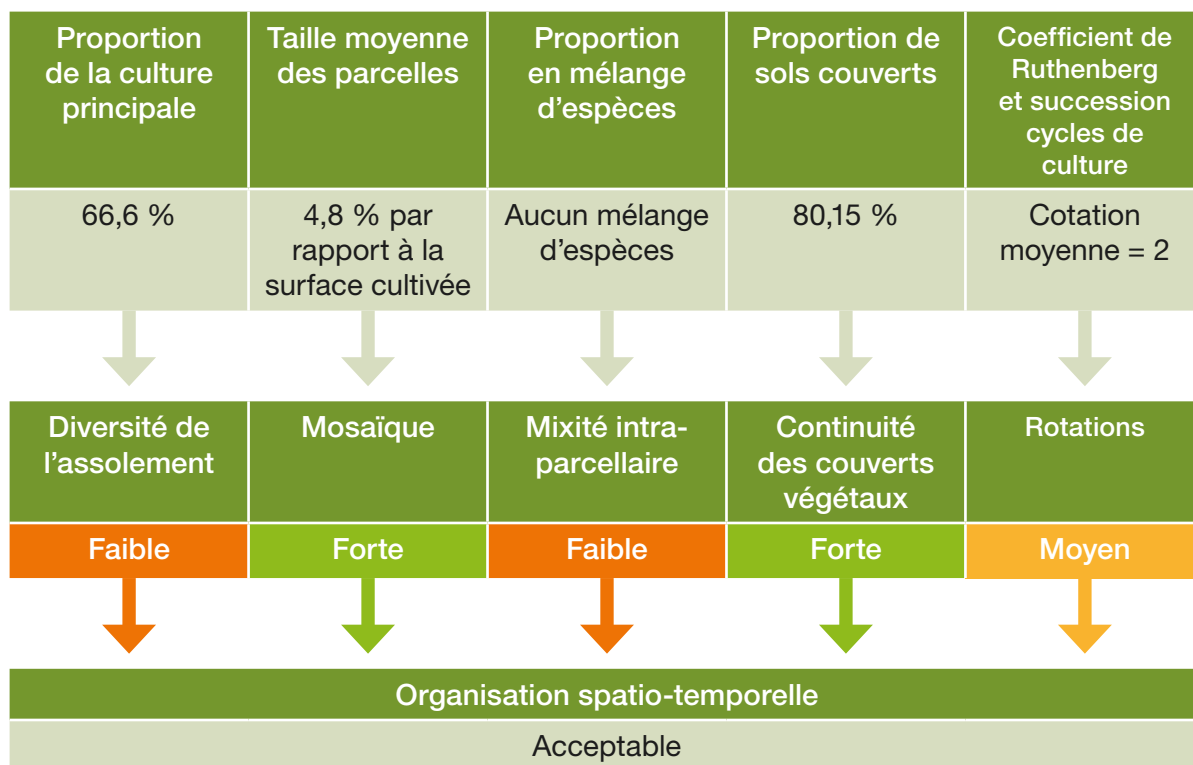
- Niveau de la qualité des rotations

R = 100 pour toutes les parcelles vu qu'il n'y a pas de jachère sur toutes les parcelles.

Le tableau d'occupation par mois ci-dessus montre qu'il n'y a pas de même cultures qui se suivent pour toutes les parcelles.

Le coefficient de Ruthenberg (R) et le nombre de cycles de culture successifs avec les mêmes cultures sont les mêmes pour toutes les parcelles. Dans le cas présent il n'y a pas lieu de faire la pondération expliquée au chapitre 2 vu que toutes les parcelles se trouvent dans la même situation. Toutes les parcelles ont la cotation 2.

a. Diagramme d'évaluation de l'organisation spatiale et de la gestion temporelle des espaces cultivés



b. Conclusions et lacunes identifiées

L'organisation spatio-temporelle est globalement acceptable mais il faudrait améliorer si possible la diversité de l'assolement en réduisant la part donnée aux cultures principales et pratiquer dans l'exploitation la mixité intra parcellaire (associations de cultures) sur au moins une partie de l'exploitation. Au niveau de rotation il faudrait introduire des jachères même courtes notamment sur la zone des grands carrés (parcelles GC1 à GC30) de mars à mai. Dans la zone des petits carrés il serait bon d'introduire des jachères chaque année en saison des pluies sur une partie des parcelles.

5.4.2.5. Biodiversité au niveau des IAE/UAE

a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

État global des IAE/UAE : Pour chaque IAE/UAE les cotations sont données sur base des informations obtenues au point 3.3.2. et les seuils des classes spécifiées au chapitre 2. Les cotations obtenues au niveau structure, composition, dégradations/perturbations sont reportées dans un tableau global en notant les points particuliers qui sont critiques.

Pour les haies

| | H1 | | H2 | |
|---|---|----------|---|----------|
| | Donnée | État | Donnée | État |
| Structure | | | | |
| Largeur moyenne | 2,5 m | A | 2,5 m | A |
| Nombre de strates ligneuses | 2 (haute et basse) | B | 2 (haute et basse) | B |
| Largeur moyenne de bande enherbée | 1 m | B | 1 m | B |
| Nombre moyen types de petites structures associées | 2 (tas de branches et bois mort sur pied) | B | 2 (tas de branches et bois mort sur pied) | B |
| Note globale | | B | | B |
| Composition | | | | |
| Nombre moyen d'espèces ligneuses | 3 | B | 3 | B |
| Nombre moyen d'espèces d'arbres, arbustes et buissons portant des fruits | 1 | B | 1 | B |
| Nombre moyen d'espèces d'arbustes et buissons épineux ou d'arbres caractéristiques du paysage | 1 (Jujubier) | B | 1 (Jujubier) | B |
| Recouvrement en espèces exotiques | 0 % | A | 0 % | A |
| Note globale | | B | | B |

| Dégradations/perturbations | | | | |
|--|----------------|----------|----------------|----------|
| Dégradations | 15 % (brûlage) | C | 15 % (brûlage) | C |
| Distance moyenne haie / surface traitée ou fertilisée la plus proche | 1,5 m | B | 1,5 m | B |
| Note globale | | C | | C |

Pour la bande enherbée

| | Donnée | État |
|---|----------------|----------|
| Structure | | |
| Largeur moyenne de la bande tampon enherbée | 3 m | B |
| Présence de sol nu [%] | 25 % | C |
| Recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%] | 30 % | B |
| Note globale | | C |
| Composition | | |
| recouvrement en espèces exotiques [%] | 0 % | A |
| recouvrement en espèces rudérales [%] | 0 % | A |
| nombre moyen d'espèces de plantes à fleurs visibles | À faire* | / |
| recouvrement d'espèces vivaces [%] | À faire* | / |
| Note globale | | A |
| Dégradations/perturbations | | |
| dégradations [% superficie impactée] | 15 % (brûlage) | C |
| Note globale | | C |

Pour la mare

| | Donnée | État |
|---|--------------|----------|
| Structure | | |
| Pente moyenne des berges | 30° | B |
| Note globale | | B |
| Composition | | |
| % de la surface des berges occupées par des espèces exotiques | 0 % | A |
| Note globale | | A |
| Dégradations/perturbations | | |
| % superficie impactée par des dégradations | 8 % captages | B |
| Distance du bord du haut de berge à la bordure de la surface traitée et/ou cultivée | 0,5 m | C |
| Note globale | | C |

Tableau global des IAE/UAE

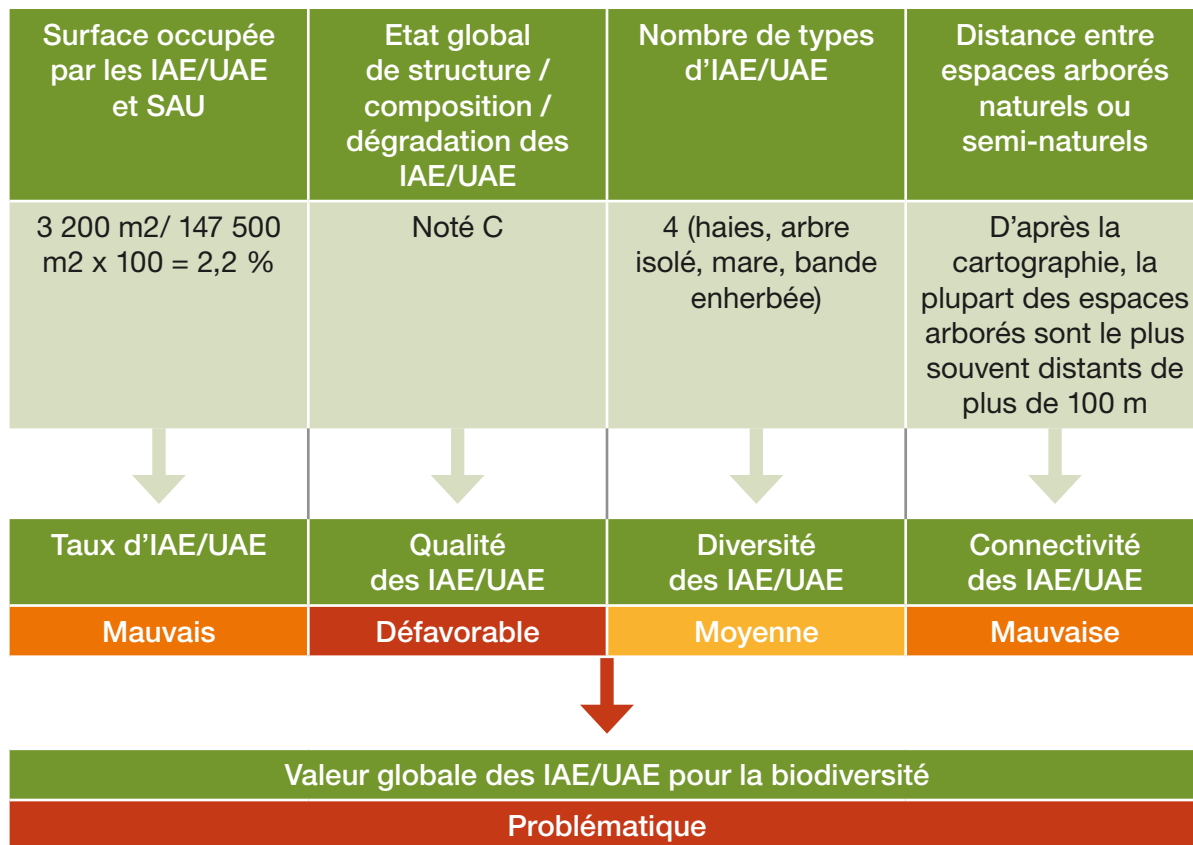
| Évaluation des infrastructures agro-écologiques | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|-------------|--------------|-------|---|
| Type IAE/UAE : | Haies | État de conservation | | | | Observations |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note* | |
| H1 | 60 m x 2,5 m = 150 m ² | B | B | C | C | Forte dégradation suite au brûlage de déchets de cultures |
| H2 | 60 m x 2,5 m = 150 m ² | B | B | C | C | Forte dégradation suite au brûlage de déchets de cultures |
| Total | 300 m ² | | | | | |
| Type IAE/UAE : | Arbres isolés | État de conservation | | | | Observations |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note* | |
| A1 | 100 m ² | / | / | / | / | / |
| Total | 100 m ² | | | | | |
| Type IAE/UAE : | Bandes enherbées | État de conservation | | | | Observations |
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note* | |
| BE1 | 100 m x 3 m = 300 m ² | C | A | C | C | Trop de sol nu Forte dégradation suite au brûlage de déchets de cultures |
| Total | 300 m ² | | | | | |

| Type IAE/UAE : | Mares | État de conservation | | | | Observations |
|-----------------------------|--|----------------------|-------------|--------------|-------|--|
| Identification de l'IAE/UAE | Surface occupée | Structure | Composition | Perturbation | Note* | |
| MA1 | 25 x 100 m = 2 500 m ² (berges comprises) | B | A | C | C | Zone cultivée trop proche du haut de berge de la mare. |
| Total | 2 500 m ² | | | | | |
| TOTAL GLOBAL | 3 200 m ² | | | | | |

* La note finale donnée à l'infrastructure agro-écolo-gique est la note du plus mauvais indicateur de la liste de l'évaluation par IAE/UAE. En effet, le diagnostic s'intègre dans une logique d'amélioration de la biodiversité. Ainsi, tout critère déficient doit pouvoir être corrigé par la gestion proposée en fin de diagnostic

La note globale sur toutes les IAE/UAE suit le même principe et est ici donc C.

a. Diagramme d'évaluation de la biodiversité domestique



b. Conclusions et lacunes identifiées

La proportion de la surface occupée par des IAE/UAE est très faible elle devrait être multipliée par au moins 4 pour avoir un taux acceptable.

Globalement le peu d'IAE/UAE de l'exploitation sont en mauvais état surtout à cause de dégradations dues essentiellement au brûlage de déchets de culture à proximité.

Pour améliorer l'état, il faudrait réduire les perturbations à un maximum de 10% de la superficie des IAE/UAE concernés et de préférence éviter complètement ces perturbations.

La bande enherbée doit aussi être améliorée au niveau du recouvrement car il y a trop de sol nu.

Pour la mare le principal problème est que les parcelles cultivées sont trop proches. La distance entre le haut de berge et les cultures devrait être d'au moins 2 m ou si possible de plus de 5 m pour éviter les perturbations possibles des pratiques agricoles sur la mare.

La connectivité entre IAE/UAE est également mauvaise et devrait être améliorée par l'installation notamment de plus de haies afin de ne jamais avoir plus de 100 m entre espaces arborés, l'idéal étant 50 m ou moins.

5.4.2.6. Protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation

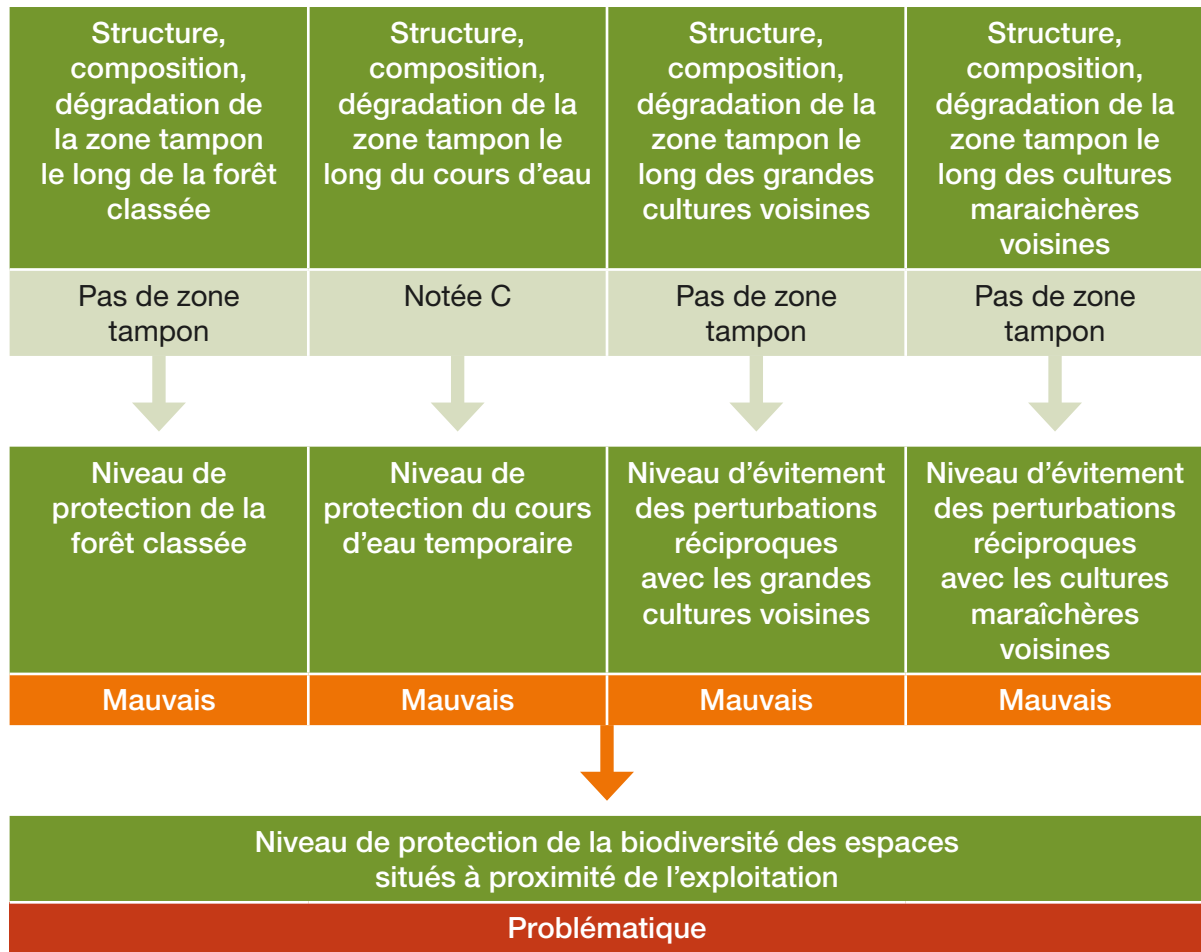
a. Calcul des valeurs permettant d'établir le niveau des indicateurs

Évaluation de l'état de zone tampon le long du cours d'eau

| | Donnée | État |
|---|----------------------|----------|
| Structure | | |
| Largeur moyenne de la bande tampon enherbée | 3 m | B |
| Présence de sol nu [%] | 25 % | C |
| Recouvrement par de jeunes arbustes ou buissons [%] | 30 % | B |
| Note globale | | C |
| Dégradations/perturbations | | |
| dégradations [% superficie impactée] | 15 % (brûlage) | C |
| Note globale | | C |
| | État général* | C |

* La note finale donnée à l'infrastructure agro-écologique est la note du plus mauvais indicateur de la liste de l'évaluation

b. Diagramme d'évaluation e la protection de la biodiversité aux alentours de l'exploitation



c. Conclusions et lacunes identifiées

La protection des espaces entourant l'exploitation est très problématique.

Le niveau de protection du cours d'eau par la zone enherbée est globalement mauvais car il y a trop de sol nu et une trop grande proportion a été dégradée par des brûlages. Il faudrait proscrire les brûlages et regarnir la zone enherbée par des plantes vivaces afin d'avoir moins de 10% de sol nu.

Tous les autres espaces situés à proximité de l'exploitation ne sont isolés pratiquement par aucune zone tampon. Une installation de zones tampons est nécessaire partout.

5.5. PARTIE 4 : AMÉLIORATIONS PROPOSÉES

5.5.1. Consignes

Pour aider Dieudonné, il faut lui proposer des solutions appropriées pour améliorer la biodiversité dans son exploitation. Travaillez en deux temps pour chacune des 6 thématiques suivantes abordées au niveau de la partie 3 :

1. biodiversité domestique ;
2. biodiversité sauvage para-agricole animale ;
3. itinéraires techniques ;
4. organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés ;
5. biodiversité au niveau des IAE/UAE ;
6. protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation.

1^{ère} étape : Pour chaque lacune identifiée :

- a. décrivez la et notez la situation actuelle ainsi que l'objectif à atteindre tout en indiquant les éventuelles contraintes et remarques ;
- b. listez brièvement les solutions possibles en mentionnant les autres améliorations qu'elles pourront apporter au niveau de gestion de la biodiversité dans l'exploitation.



2^{ème} étape : vérifiez ensuite pour chaque thématique si ces solutions aux lacunes peuvent être considérées comme étant efficaces, rentables, accessibles et durables. Pour chaque solution, évaluez ces 4 critères et attribuez-leur une note entre 1 et 4 (1 : faible ; 2 : moyen ; 3 : bon ; 4 : excellent).

À noter que cette cotation sera sûrement assez subjective et parfois difficile à donner car dépendant de plusieurs facteurs pas toujours bien connus ou maîtrisés. Cependant elle devrait quand même permettre de faire ressortir les solutions à mettre en place prioritairement.

Sur base des scores obtenus établissez 4 groupes de priorité pour faire ressortir les solutions qu'il faudra mettre prioritairement en place dans le plan d'action de la partie 5.

En dernier lieu compilez dans un tableau de synthèse les solutions des groupes de priorité 1 (couleur verte) et 2 (couleur bleu) pour toutes les lacunes identifiées. Pour chacune des solutions reportez dans le tableau les améliorations d'indicateurs qu'elles apportent sur base de ce qui a été mis dans les tableaux de l'étape 2. Ceci permettra de faciliter l'identification des priorités majeures lors du montage du plan d'action à la partie 5 du chapitre.

Ci-après sont présentés les tableaux à compléter à chaque étape

Tableau 1 : de l'étape 1

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|-----------------------|--------------------|----------------------|
| | | |
| Contraintes/remarques | | |

Tableau 2 : de l'étape 1

| Proposition de solutions | |
|--------------------------|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : | |
| S2 : | |

Tableau de l'étape 2

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|-------------------|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Lacune : | | | | | |
| S1 : | | | | | |
| S2 : | | | | | |

Groupes de priorités sur base des scores obtenus

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|-------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

Efficace : efficacité pour résoudre la lacune et améliorer la biodiversité concernée en tenant compte aussi des autres impacts positifs sur d'autres aspects de la biodiversité. Ou efficacité pour résoudre l'impact négatif de certaines pratiques culturales.

Rentable : qui est économiquement viable et qui vaut la peine que l'on se donne (fructueux)

Accessible : possibilité de mettre la solution en place compte tenu de la disponibilité des intrants, matériels, connaissances techniques nécessaires et de la complexité de mise en œuvre

Durable : durabilité de la solution c'est-à-dire : pérenne dans le temps, profitable au développement local, faiblement dépendant d'intrants exogènes, pas d'impact négatif sur les ressources naturelles locales et l'environnement.

Tableau de compilation

Ensemble des solutions de priorité 1 et 2 pour chaque lacune et indicateurs favorablement impactés

| Solution | Indicateurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|----------|--------------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--|
| | Diversité espèces | Diversité variétés | Présence élevage | Macrofaune utile du sol | Auxiliaires aériens | Pression herbicides | Pression insecticides | Pression fongicides | Pression labour | Gestion de l'azote | Assolement | Mosaïque | Mixité intra-parcellaire | Continuité couverts | Rotations | Taux d'IAE/UAE | Qualité IAE/UAE | Diversité IAE/UAE | Connectivité IAE/UAE | Protection biodiversité extérieure | |
| Lacune | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : | | | | | | | | | | | 😊 | | | | | | | | | | |
| S2 : | | | | | | | | | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | | |

😊 Impact favorable d'une solution de priorité 1

😊 Impact favorable d'une solution de priorité 2

5.5.2. Recherches de solutions appropriées : résultat proposé

Vous avez réalisé votre partie de l'exercice ? Bravo ! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère de ces solutions. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure solution ? Rédigez en quelques lignes votre analyse des résultats et votre perception personnelle : cela vous aidera en fin d'exercice à retracer la logique de votre démarche.

5.5.2.1. Biodiversité domestique

a. Nombre d'espèces cultivées

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--------------------|----------------------|
| Nombre moyen d'espèces cultivées par mois insuffisant | 3,75 | Au moins > 5 |
| Contraintes/remarques | | |
| Dieudonné veut maintenir sur les grandes parcelles la production des deux espèces, tomate et haricot vert, que lui demande l'importateur car ce sont ses cultures les plus rentables. | | |
| La diversification va donc s'envisager au niveau des petites parcelles destinées au marché local et aux cultures de saison des pluies sur l'ensemble de l'exploitation. | | |

| Proposition de solutions | |
|--|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mosaique augmentée |
| S2 : 2 cultures à cultiver en association avec le maïs | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mixité intra parcellaire augmenté |
| S3 : S1 et S2 en même temps | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mixité intra parcellaire augmenté • Mosaique augmentée |
| S4 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées avec 4 cultures au lieu de 2 en saison sèche | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mosaique augmentée |
| S5 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées en associant une autre culture à la tomate et au gombo | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mixité intra parcellaire augmenté |
| S6 : S4 et S5 en même temps | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Mixité intra parcellaire augmenté • Mosaique augmentée |

b. Nombre de variétés cultivées

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--------------------|----------------------|
| Nombre moyen de variétés cultivées par espèce insuffisant | 1,6 | Au moins 3 |
| Contraintes/remarques | | |
| <p>Pour les deux espèces d'exportation, tomate et haricot vert, les variétés demandées sont imposées par l'importateur, la diversité en variétés sera donc difficile à atteindre au sein de l'exploitation à cause de cette contrainte externe.</p> <p>La diversification va donc pouvoir se faire uniquement au niveau des petites parcelles destinées au marché local et celles cultivées en saison des pluies afin d'avoir au moins 3 variétés cultivées par an pour chaque culture.</p> | | |

| Proposition de solutions | |
|--|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : passer d'une variété de maïs à 4 variétés sur l'année | Mosaïque augmentée |
| S2 : passer de 2 à 4 variétés sur l'année pour la tomate et le gombo | Mosaïque augmentée |
| S3 : passer de 1 à 3 variétés pour le piment | Mosaïque augmentée |
| S4 : pour les « nouvelles » cultures qui seront mises en place prévoir au moins 3 variétés différentes sur l'année | Mosaïque augmentée |

c. Elevage dans l'exploitation

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|--|--------------------|----------------------|
| Pas d'élevage dans l'exploitation | Absence | Présence |
| Contraintes/remarques | | |
| L'espace disponible sur l'exploitation est réduit. | | |

| Proposition de solutions | |
|--------------------------|--|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Elevage de poules | <p>Par la présence de fientes, disponibilité en matière organique augmente donc contribue à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la gestion de l'azote • Améliorer la biodiversité de la macrofaune du sol |

d. Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour augmenter la biodiversité domestique

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|--|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Nombre d'espèces cultivées | | | | | |
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | 2 | 4 | 4 | 4 | 14 |
| S2 : 2 cultures à cultiver en association avec le maïs | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| S3 : S1 et S2 en même temps | 4 | 2 | 3 | 2 | 11 |
| S4 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées avec 4 cultures au lieu de 2 en saison sèche | 2 | 4 | 4 | 4 | 14 |
| S5 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées en associant une autre culture à la tomate et au gombo | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| S6 : S4 et S5 en même temps | 4 | 2 | 3 | 2 | 11 |
| Nombre de variétés cultivées | | | | | |
| S1 : passer d'une variété de maïs à 4 variétés sur l'année | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 |
| S2 : passer de 2 à 4 variétés sur l'année pour la tomate et le gombo | 2 | 3 | 3 | 3 | 11 |
| S3 : passer de 1 à 3 variétés pour le piment | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 |
| S4 : pour les «nouvelles» cultures qui seront mises en place prévoir au moins 3 variétés différentes sur l'année | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 |
| Elevage dans l'exploitation | | | | | |
| S1 : Elevage de poules | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|---------|--------------|
| 1 | 15 à 16 | |
| 2 | 13 à 14 | |
| 3 | 11 à 12 | |
| 4 | 10 | |

5.5.2.2. Biodiversité sauvage para-agricole animale

a. Macrofaune des invertébrés utiles du sol

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--------------------|----------------------|
| Biodiversité insuffisante pour les vers de terre, les myriapodes et les fourmis | Cotation = 6 | Cotation > 7 |
| Contraintes/remarques | | |
| Le climat sec 8 mois sur 12 n'est pas particulièrement favorable aux vers de terre et myriapodes. L'analyse des données brutes montrent que c'est surtout sur les grands carrés que la situation est critique. | | |

| Proposition de solutions | |
|---|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Augmenter l'apport en matière organique au sol | <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la gestion de l'azote |
| S2 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en associant une autre culture | <ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la pression des herbicides • Mixité intra-parcellaire augmentée • Augmentation de la biodiversité domestique • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S3 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en pratiquant le paillage | <ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la pression des herbicides |
| S4 : Améliorer la continuité de la couverture du sol entre les cultures par l'implantation de jachères et/ou de cultures dérobées | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la proportion de sols couverts • Augmentation de la biodiversité des espèces • Baisse de la pression des herbicides • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S5 : Passer à un travail du sol sans retournement | <ul style="list-style-type: none"> • Baisse l'impact négatif de la mécanisation |
| S6 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau spatial | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la biodiversité des espèces • Diversité assolement augmentée • Mosaïque améliorée • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S7 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau temporel | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la biodiversité domestique • Rotations améliorées • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S8 : Réduire l'utilisation des insecticides néfastes à cette macrofaune | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la pression des insecticides • Augmentation des auxiliaires aériens |

b. Auxiliaires des cultures au niveau aérien

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--------------------|----------------------|
| Présence insuffisante d'ennemis naturels des pucerons | Cotation = 8 | Cotation > 8 |
| Contraintes/remarques | | |
| Plus d'information seraient nécessaires sur les pesticides qui sont utilisés pour pouvoir évaluer l'incidence de ceux-ci sur les ennemis naturels des pucerons. | | |

| Proposition de solutions | |
|--|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Réduire l'utilisation des insecticides néfastes aux auxiliaires aériens | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la pression des insecticides • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S2 : Installer des bandes enherbées fleuries | <ul style="list-style-type: none"> • Taux d'IAE/UAE augmente • Augmentation de certains éléments de la macrofaune du sol |
| S3 : Installer des haies avec des plantes favorables aux auxiliaires aériens | <ul style="list-style-type: none"> • Taux et connectivité des IAE/UAE augmentent • Augmentation de certains éléments de la macrofaune du sol |
| S4 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau spatial | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la biodiversité des espèces • Diversité assolement augmentée • Mosaïque améliorée • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S5 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau temporel | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la biodiversité domestique • Rotations améliorées • Augmentation des auxiliaires aériens |

c. Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour augmenter la biodiversité sauvage para-agricole

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|---|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Macrofaune des invertébrés utiles du sol | | | | | |
| S1 : Augmenter l'apport en matière organique au sol | 3 | 4 | 3 | 4 | 14 |
| S2 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en associant une autre culture | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| S3 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en pratiquant le paillage | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| S4 : Améliorer la continuité de la couverture du sol entre les cultures par l'implantation de jachères et/ou de cultures dérobées | 4 | 2 | 4 | 3 | 13 |
| S5 : Passer à un travail du sol sans retournement | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| S6 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau spatial | 2 | 2 | 2 | 3 | 9 |
| S7 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau temporel | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 |
| S8 : Réduire l'utilisation des insecticides néfastes à cette macrofaune | 3 | 3 | 2 | 2 | 10 |
| Auxiliaires des cultures au niveau aérien | | | | | |
| S1 : Réduire l'utilisation des insecticides néfastes aux auxiliaires aériens | 4 | 3 | 2 | 2 | 11 |
| S2 : Installer des bandes enherbées fleuries | 3 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| S3 : Installer des haies avec des plantes favorables aux auxiliaires aériens | 3 | 3 | 2 | 4 | 12 |
| S4 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau spatial | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 |
| S5 : Assurer une plus grande diversité des cultures au niveau temporel | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|---------|--------------|
| 1 | 13 à 14 | |
| 2 | 11 à 12 | |
| 3 | 9 à 10 | |
| 4 | 8 | |

5.5.2.3. Itinéraires techniques

a. Produits phytosanitaires

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|--|--|----------------------|
| Utilisation trop importante des produits phytosanitaires | Proportion surface traitée avec herbicides = 55,2 % Proportion surface traitée avec insecticides = 100 % Proportion surface traitée avec fongicides = 55,2 % | < 30 % pour chacun |

Contraintes/remarques

Une analyse plus approfondie sur l'utilisation des produits phytosanitaires est nécessaire afin de pouvoir proposer des alternatives, notamment des produits de biocontrôle qui ne seront pas pris en compte pour le calcul des surfaces traitées et qui permettront donc de réduire la proportion de surface traitée et que nous appellerons produits alternatifs.

La diminution de la proportion de la surface traitée sera probablement difficile à réaliser vu que la surface est considérée comme étant traitée dès qu'un seul traitement est réalisé avec un produit chimique.

Proposition de solutions

| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
|--|---|
| S1 : Pratiquer le désherbage mécanique au lieu du désherbage chimique | |
| S2 : Pratiquer le paillage | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S3 : Associer des plantes de couverture aux cultures | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol • Diminution de la pression azotée si utilisation de légumineuses |
| S4 : Faire un semis directement dans la couverture végétale, morte ou vivante | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol • Diminution de la proportion de terres labourées |
| S5 : Utiliser contre les principaux ravageurs (pucerons, tétranyques) des insecticides alternatifs | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S6 : Utiliser des fongicides alternatifs en fonction des maladies principales présentes | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol |

b. Pression azotée

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|---|----------------------|
| Trop d'azote appliqué par ha/an | 281,2 kg N/ha/an Proportion d'N organique = 44,8 % | < 200 kg N/ha/an* |
| Contraintes/remarques | | |
| Il faudra diminuer la quantité d'azote appliquée tout en gardant une proportion suffisante d'N provenant de la fumure organique ou idéalement en l'augmentant jusqu'à plus de 50 %. | | |
| * Une quantité entre 200 et 300 kgN/ha/an pourrait aussi être acceptable à condition d'avoir une proportion de plus 50 % d'N organique. | | |

| Proposition de solutions | |
|--|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Diminuer la fumure minérale de fond | |
| S2 : Utiliser d'autres engrais sans N comme fumure de fond minérale | |
| S3 : Diminuer la fumure minérale de fond et d'entretien ainsi que la fumure organique et l'appliquer de manière plus localisée | |
| S4 : Augmenter la fumure organique et diminuer les fumures minérales de fond et d'entretien | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S5 : Cultiver des légumineuses en association | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol • Diminution pression des herbicides • Augmentation de la biodiversité des espèces |

c. Travail du sol

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--------------------|----------------------|
| Utilisation du labour profond par retournement du sol sur une trop grande surface | 55,2 % | < 20 % |
| Contraintes/remarques | | |
| L'abandon du labour profond avec retournement demandera un changement radical demandant un investissement humain et matériel assez important : soit l'agriculteur passe à un système de Semis direct sous Couvert Végétal (SCV) soit il pratique le sous-solage et le travail superficiel du sol. | | |

Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour diminuer les pressions exercées par les pratiques des itinéraires techniques

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|--|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Produits phytosanitaires | | | | | |
| S1 : Pratiquer le désherbage mécanique au lieu du désherbage chimique | 4 | 3 | 4 | 3 | 14 |
| S2 : Pratiquer le paillage pour éviter les adventices | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| S3 : Associer des plantes de couverture aux cultures pour éviter les adventices | 3 | 4 | 3 | 3 | 13 |
| S4 : Faire un semis directement dans la couverture végétale, morte ou vivante pour éviter les adventices | 3 | 4 | 3 | 4 | 14 |
| S5 : Utiliser contre les principaux ravageurs (pucerons, tétranyques) des insecticides alternatifs | 4 | 4 | 2 | 3 | 13 |
| S6 : Utiliser des fongicides alternatifs en fonction des maladies principales présentes | 4 | 3 | 2 | 3 | 12 |
| Pression azotée | | | | | |
| S1 : Diminuer la fumure minérale de fond | 2 | 3 | 4 | 2 | 11 |
| S2 : Utiliser d'autres engrais sans N comme fumure de fond minérale | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| S3 : Diminuer la fumure minérale de fond et d'entretien ainsi que la fumure organique et l'appliquer de manière plus localisée | 3 | 4 | 3 | 3 | 13 |
| S4 : Augmenter la fumure organique et diminuer les fumures minérales de fond et d'entretien | 4 | 3 | 2 | 4 | 13 |
| S5 : Cultiver des légumineuses en association | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| Travail du sol | | | | | |
| S1 : Labour profond sans retournement (sous solage) | 4 | 2 | 3 | 2 | 11 |
| S2 : Travail du sol superficiel (maxi 10 cm de profondeur) | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| S3 : Pas de travail du sol – semis/plantation dans la couverture végétale | 4 | 4 | 2 | 4 | 14 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|-------|--------------|
| 1 | 14 | |
| 2 | 13 | |
| 3 | 12 | |
| 4 | 11 | |

5.5.2.4. Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés

a. Assolement

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|---|--|----------------------|
| Proportion de la surface occupée en moyenne par la culture principale est trop importante | Proportion de la culture principale : 66,6 % | Maximum 50 % |

Contraintes/remarques

Il y a la contrainte de marché d'exportation qui ne permet pas de réduire la surface occupée par le haricot vert qui est la culture dominante pendant plusieurs mois. L'analyse du tableau, montre que le maïs et la tomate sont les cultures dominantes à deux périodes différentes. En diversifiant sur les parcelles occupées par ces cultures on peut réduire la moyenne globale de proportion de la culture principale.

Proposition de solutions

| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
|--|---|
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces cultivées augmentées • Mosaique augmentée • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S2 : Parcelles PC1 à PC 36 et PC37 à PC84 cultivées avec 2 ou 3 cultures différentes au lieu de la tomate seulement sur la période mars à mai | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces cultivées augmentées • Mosaique augmentée • Augmentation des auxiliaires aériens |

b. Mixité intra-parcellaire

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|--|--------------------|---|
| La pratique d'associations de cultures n'existe pas sur l'exploitation | Aucune association | Au moins en moyenne 5 % de la surface est cultivée en association |

Contraintes/remarques

L'association de cultures sera sans doute plus difficile dans les parcelles de tomate et haricot vert d'exportation car le producteur ne peut se permettre de réduire les surfaces cultivées. La mixité-intra parcellaire sera plutôt recherchée sur les autres cultures de l'exploitation.

Proposition de solutions

| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
|---|---|
| S1 : 2 cultures à cultiver en association avec le maïs | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces cultivées augmentées • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S2 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées en associant une autre culture à la tomate et au gombo | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité assolement augmentée • Augmentation des auxiliaires aériens |
| S3 : Plantes de couverture en association | <ul style="list-style-type: none"> • Diversité des espèces augmentée • Augmentation de la macrofaune du sol • Diminution de la pression des herbicides • Augmentation des auxiliaires aériens |

c. Rotations

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif à atteindre |
|--|---------------------------|----------------------------------|
| Il n'y a pas de pratique de jachères sur l'exploitation | Aucune jachère R = 100 | R < 66,7 (jachère 4 mois sur 12) |
| Contraintes/remarques | | |
| Les rotations pratiquées sont globalement bonnes mais pourrait être meilleure en diminuant le coefficient de Ruthenberg, c'est-à-dire en introduisant des jachères suffisamment longues. Cependant ceci est difficile à réaliser en cultures maraîchères où les jachères sont plus difficilement praticables qu'en grandes cultures. | | |

| Proposition de solutions | |
|---|--|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Introduire des jachères même courtes ou des cultures dérobées notamment sur la zone des grands carrés (parcelles GC1 à GC30) de mars à mai sur les parcelles PC85 à PC100 de septembre à octobre | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la macrofaune du sol • Augmentation des auxiliaires aériens • Amélioration de la continuité du couvert • Augmentation de la diversité des espèces cultivées • Diminution de la pression des herbicides |
| S2 : Introduire des jachères chaque année en saison des pluies sur une partie des parcelles | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la diversité des espèces cultivées • Diminution de la pression des herbicides |

d. Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour améliorer l'organisation spatiale et la gestion temporelle des espaces cultivés

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|---|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Assolement | | | | | |
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | 4 | 3 | 4 | 4 | 15 |
| S2 : Parcelles PC1 à PC 36 et PC37 à PC84 cultivées avec 2 ou 3 cultures différentes au lieu de la tomate seulement sur la période mars à mai | 3 | 2 | 3 | 3 | 11 |
| Mixité intra-parcellaire | | | | | |
| S1 : 2 cultures à cultiver en association avec le maïs | 4 | 3 | 4 | 3 | 14 |
| S2 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées en associant une autre culture à la tomate et au gombo | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| S3 : Plantes de couverture en association | 4 | 2 | 3 | 4 | 13 |
| Rotations | | | | | |
| S1 : Introduire des jachères même courtes ou des cultures dérobées notamment sur la zone des grands carrés (parcelles GC1 à GC30) de mars à mai sur les parcelles PC85 à PC100 de septembre à octobre | 2 | 3 | 2 | 3 | 10 |
| S2 : Introduire des jachères chaque année en saison des pluies sur une partie des parcelles | 1 | 1 | 3 | 3 | 8 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Scores | Code couleur |
|----------|---------|--------------|
| 1 | 14 à 15 | |
| 2 | 12 à 13 | |
| 3 | 10 à 11 | |
| 4 | 8 à 9 | |

5.5.2.5. Biodiversité au niveau des IAE/UAE

a. Taux d'IAE/UAE

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif minimum à atteindre |
|--|--------------------|-------------------------------------|
| Taux beaucoup trop faible | 2,2 % | > 5 % (idéalement au moins 10 %) |
| Contraintes/remarques | | |
| L'exploitation avait des haies qui séparaient les parcelles dans sa partie la plus ancienne. Leur rétablissement permettrait de relever le taux d'IAE dans l'exploitation. | | |

| Proposition de solutions | |
|---|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Installer de nouvelles haies et réaménager les haies qui existaient avant | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la connectivité entre espaces arborés • Amélioration de la protection des espaces se trouvant aux alentours de l'exploitation • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la mosaïque |
| S2 : Installer des bandes enherbées, par exemple entre les espaces cultivés et le haut de berge de la marre | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol • Augmentation de la mosaïque |
| S3 : Mettre en place des brise-vent sur le pourtour de l'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la connectivité entre espaces arborés • Amélioration de la protection des espaces se trouvant aux alentours de l'exploitation • Augmentation de la diversité en IAE/UAE • Augmentation des auxiliaires aériens |

b. Qualité des IAE/UAE

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif minimum à atteindre |
|---|-----------------------------|------------------------------|
| Qualité problématique pour les 3 types d'IAE/UAE existants | Cotation C pour les 3 types | Cotation B pour les 3 types |
| Contraintes/remarques | | |
| <p>Pour améliorer l'état, il faudrait réduire les perturbations à un maximum de 10 % de la superficie des IAE/UAE concernés et de préférence éviter complètement ces perturbations.</p> <p>La bande enherbée doit aussi être améliorée au niveau du recouvrement car il y a trop de sol nu.</p> <p>Pour la mare le principal problème est que les parcelles cultivées sont trop proches. La distance devrait être d'au moins 2 m ou si possible de plus de 5 m pour éviter les perturbations possibles des pratiques agricoles sur la mare.</p> | | |

| Proposition de solutions | |
|--|--|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets près des haies et sur les bandes enherbées ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S2 : Regarnir les parties de sol nu des bandes enherbées | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S3 : Installer une bande enherbée d'au moins 2 m de large entre les parcelles cultivées et le haut de berge de la mare | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol • Augmentation du taux d'IAE/UAE |

c. Connectivité des IAE/UAE

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif minimum à atteindre |
|---|--------------------|------------------------------|
| Distance trop grande entre espaces arborés | > 100 m | 50 m |
| Contraintes/remarques | | |
| L'exploitation avait des haies qui séparaient les parcelles dans sa partie la plus ancienne. Leur rétablissement permettrait d'améliorer la connectivité dans l'exploitation. | | |

| Proposition de solutions | |
|---|---|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Plantation de haies comme séparation entre les parcelles de production | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux d'IAE/UAE • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la mosaïque |
| S2 : Plantation de brise-vents ou haies sur le pourtour de l'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux d'IAE/UAE • Augmentation des auxiliaires aériens |

d. Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour améliorer la biodiversité au niveau des IAE/UAE

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|--|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Taux d'IAE/UAE | | | | | |
| S1 : Installer de nouvelles haies et réaménager les haies qui existaient avant | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| S2 : Installer des bandes enherbées, par exemple entre les espaces cultivés et le haut de berge de la marre | 2 | 3 | 2 | 2 | 9 |
| S3 : Mettre en place des brise-vent sur le pourtour de l'exploitation | 4 | 3 | 4 | 4 | 15 |
| Qualité des IAE/UAE | | | | | |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets près des haies et sur les bandes enherbées ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | 4 | 4 | 3 | 4 | 15 |
| S2 : Regarnir les parties de sol nu des bandes enherbées | 4 | 3 | 2 | 2 | 11 |
| S3 : Installer une bande enherbée d'au moins 2 m de large entre les parcelles cultivées et le haut de berge de la mare | 4 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| Connectivité des IAE/UAE | | | | | |
| S1 : Plantation de haies comme séparation entre les parcelles de production | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| S2 : Plantation de brise-vents ou haies sur le pourtour de l'exploitation | 4 | 3 | 4 | 4 | 15 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|---------|--------------|
| 1 | 14 à 15 | |
| 2 | 12 à 13 | |
| 3 | 10 à 11 | |
| 4 | 9 | |

5.5.2.6. Protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation

a. Zone enherbée le long du cours d'eau

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif minimum à atteindre |
|--|--------------------|------------------------------|
| Trop de sol nu et une trop grande proportion a été dégradée par des brûlages | Cotation C | Cotation B |
| Contraintes/remarques | | |
| Le climat à longue saison sèche rend difficile le maintien des bandes enherbées et nécessite de trouver les plantes vivaces les plus adaptées à ces conditions et de préférence parmi les plantes locales. L'absence d'aire de compostage n'est pas propice à l'évitement du brûlage des déchets végétaux. | | |

| Proposition de solutions | |
|---|--|
| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets sur la bande enherbée ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol |
| S2 : Regarnir les parties de sol nu de la bande enherbée | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la macrofaune du sol |

b. Infrastructures de protection des autres zones entourant l'exploitation

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif minimum à atteindre |
|---------------------------------|--------------------|--|
| Pratiquement pas de zone tampon | Pas de zone tampon | Zones tampon de qualités partout (cotation B au minimum) |

Contraintes/remarques

Tous les autres espaces situés à proximité de l'exploitation ne sont isolés pratiquement par aucune zone tampon. Une installation de zones tampons est nécessaire partout. La protection idéale de la zone extérieure serait normalement une haie, ou brise-vent, suffisamment large et de bonne structure. En absence de haie, une bande enherbée tampon suffisamment large peut aussi permettre d'éviter les perturbations aux milieux extérieurs.

Proposition de solutions

| Solution | Impact probable sur les autres indicateurs de la biodiversité |
|--|--|
| S1 : Installer des brise-vents le long des espaces ouverts comme la route et les cultures entourant l'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux d'IAE/UAE • Augmentation de la diversité en IAE/UAE • Augmentation des auxiliaires aériens • Augmentation de la connectivité entre espaces arborés |
| S2 : Installer des haies le long des espaces fermés comme la forêt qui entoure l'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux d'IAE/UAE • Augmentation des auxiliaires aériens |

c. Solutionnaire proposé : analyse des solutions pour améliorer la protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation

| Solution proposée | Efficace | Rentable | Accessible | Durable | Score total |
|---|----------|----------|------------|---------|-------------|
| Zone enherbée le long du cours d'eau | | | | | |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets sur la bande enherbée ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | 3 | 3 | 3 | 4 | 13 |
| S2 : Regarnir les parties de sol nu de la bande enherbée | 2 | 2 | 2 | 4 | 10 |
| Infrastructures de protection des autres zones entourant l'exploitation | | | | | |
| S1 : Installer des brise-vents le long des espaces ouverts comme la route et les cultures entourant l'exploitation | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| S2 : Installer des haies le long des espaces fermés comme la forêt qui entoure l'exploitation | 3 | 2 | 3 | 4 | 12 |

Sur base des scores, 4 groupes de priorités se détachent

| Priorité | Score | Code couleur |
|----------|---------|--------------|
| 1 | 13 à 14 | |
| 2 | 12 | |
| 3 | 11 | |
| 4 | 10 | |

5.5.2.7. Récapitulatif des objectifs minimum à atteindre par lacune identifiée

| Biodiversité domestique | | |
|---|--|--|
| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
| Nombre moyen d'espèces cultivées par mois insuffisant | 3,75 | Au moins > 5 |
| Nombre moyen de variétés cultivées par espèce insuffisant | 1,6 | Au moins > 3 |
| Pas d'élevage dans l'exploitation | Absence | Présence |
| Biodiversité sauvage para-agricole animale | | |
| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
| Biodiversité insuffisante pour les vers de terre, les myriapodes et les fourmis | Cotation = 6 | Cotation > 7 |
| Présence insuffisante d'ennemis naturels des pucerons | Cotation = 8 | Cotation > 8 |
| Itinéraires techniques | | |
| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
| Utilisation trop importante des produits phytosanitaires | Proportion surface traitée avec herbicides = 55,2 % Proportion surface traitée avec insecticides = 100 % Proportion surface traitée avec fongicides = 55,2 % | < 30 % pour chacun |
| Trop d'azote appliqué par ha/an | 281,2 kgN/ha/an Proportion d'N organique = 44,8 % | < 200 kgN/ha/an en gardant ou augmentant la proportion d'azote organique Une quantité entre 200 et 300 kgN/ha/an est aussi acceptable à condition d'avoir une proportion de plus 50 % d'N organique |
| Utilisation du labour profond par retournement du sol sur une trop grande surface | 55,2 % | < 20 % |

Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
|---|--|---|
| Proportion de la surface occupée en moyenne par la culture principale est trop importante | Proportion de la culture principale : 66,6 % | Maximum 50 % |
| La pratique d'associations de cultures n'existe pas sur l'exploitation | Aucune association | Au moins en moyenne 5 % de la surface est cultivée en association |
| Il n'y a pas de pratique de jachères sur l'exploitation | Aucune jachère R = 100 | R < 66,7 (jachère 4 mois sur 12) |

Biodiversité au niveau des IAE/UAE

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
|--|-----------------------------|----------------------------------|
| Taux beaucoup trop faible | 2,2 % | > 5 % (idéalement au moins 10 %) |
| Qualité problématique pour les 3 types d'IAE/UAE existants | Cotation C pour les 3 types | Cotation B pour les 3 types |
| Distance trop grande entre espaces arborés | > 100 m | 50 m |

Protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation

| Lacune identifiée | Situation actuelle | Objectif |
|--|--------------------|---|
| Trop de sol nu et une trop grande proportion de la bande enherbée le long du cours d'eau a été dégradée par des brûlages | Cotation C | Cotation B |
| Pratiquement pas de zone tampon en bordure d'exploitation | Pas de zone tampon | Zones tampon de qualité partout (cotation B au minimum) |

5.5.2.8. Tableau de compilation des solutions prioritaires (groupes priorité 1 et priorité 2) et des indicateurs améliorés

| Solution | Indicateurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|----------|--------------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| | Diversité espèces | Diversité variétés | Présence élevage | Macrofaune utile du sol | Auxiliaires aériens | Pression herbicides | Pression insecticides | Pression fongicides | Pression labour | Gestion de l'azote | Assolement | Mosaïque | Mixité intra-parcellaire | Continuité couverts | Rotations | Taux d'IAE/UAE | Qualité IAE/UAE | Diversité IAE/UAE | Connectivité IAE/UAE | Protection biodiversité |
| Nombre d'espèces cultivées | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | | | | | | | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | |
| S4 : Parcelles PC1 à PC 36 cultivées avec 4 cultures au lieu de 2 en saison sèche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | | | | | | | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | |
| Nombre de variétés cultivées | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : passer d'une variété de maïs à 4 variétés sur l'année | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 😊 | | | | | | | | | | 😊 | | | | | | | | |
| S4 : pour les «nouvelles» cultures qui seront mises en place, prévoir au moins 3 variétés différentes sur l'année | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 😊 | | | | | | | | | | 😊 | | | | | | | | |
| Elevage dans l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Elevage de poules | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | 😊 | | | | | | | 😊 | | | | | | | | | |
| Macrofaune invertébrés | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Augmenter l'apport en matière organique au sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | | | | | | |
| S2 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en associant une autre culture | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | 😊 | 😊 | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | | | | |
| S3 : Améliorer la couverture du sol pendant les cultures en pratiquant le paillage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | | 😊 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S4 : Améliorer la continuité de la couverture du sol entre les cultures par l'implantation de jachères et/ou de cultures dérobées | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | 😊 | 😊 | 😊 | | | | | | | | | 😊 | | | | | | |
| S5 : Passer à un travail du sol sans retournement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | | | | | | |

| Solution | Indicateurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|----------|--------------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|--|
| | Diversité espèces | Diversité variétés | Présence élevage | Macrofaune utile du sol | Auxiliaires aériens | Pression herbicides | Pression insecticides | Pression fongicides | Pression labour | Gestion de l'azote | Assolement | Mosaïque | Mixité intra-parcellaire | Continuité couverts | Rotations | Taux d'IAE/UAE | Qualité IAE/UAE | Diversité IAE/UAE | Connectivité IAE/UAE | Protection biodiversité | |
| Travail du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S2 : Travail du sol superficiel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | | | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | |
| S3 : Pas de travail du sol – semis/plantation dans la couverture végétale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | | | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | |
| Assolement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | | 😊 | | | | | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | | |
| Mixité intra-parcellaire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : 2 cultures à cultiver en association avec le maïs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | | 😊 | | | | | | | | | | 😊 | | | | | | | |
| S3 : Plantes de couverture en association | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 😊 | | | 😊 | 😊 | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | | | | |
| Taux d'IAE/UAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Installer de nouvelles haies et réaménager les haies qui existaient avant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | 😊 | | | 😊 | 😊 | |
| S3 : Mettre en place des brise-vent sur le pourtour de l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | 😊 | | 😊 | 😊 | 😊 | |
| Qualité des IAE/UAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets près des haies et sur les bandes enherbées ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | | | | | | | 😊 | | | |

| Solution | Indicateurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|----------|--------------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| | Diversité espèces | Diversité variétés | Présence élevage | Macrofaune utile du sol | Auxiliaires aériens | Pression herbicides | Pression insecticides | Pression fongicides | Pression labour | Gestion de l'azote | Assolement | Mosaïque | Mixité intra-parcellaire | Continuité couverts | Rotations | Taux d'IAE/UAE | Qualité IAE/UAE | Diversité IAE/UAE | Connectivité IAE/UAE | Protection biodiversité |
| Connectivité des IAE/UAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Plantation de haies comme séparation entre les parcelles de production | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | 😊 | | | | 😊 | | | 😊 | |
| S2 : Plantation de brise-vents ou haies sur le pourtour de l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | 😊 | | | 😊 | |
| Protection de la biodiversité aux alentours proches de l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 : Arrêter de brûler les déchets sur la bande enherbée ; broyer et/ou composter les déchets organiques ou les utiliser comme paillage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 😊 | 😊 | | | | | | | | | | | | | | | | 😊 |
| S1 : Installer des brise-vents le long des espaces ouverts comme la route et les cultures entourant l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | 😊 | | 😊 | 😊 | 😊 |
| S2 : Installer des haies le long des espaces fermés comme la forêt qui entoure l'exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 😊 | | | | | | | | | | | | 😊 | | | | 😊 |

5.6. PARTIE 5 : PLAN D' ACTIONS

5.6.1. Consignes pour la présentation d'un plan d'actions

Pour aider Dieudonné, il faut lui proposer un « Plan d'actions » afin de mettre en œuvre les solutions, en commençant par celles qui sont considérées comme prioritaires.

Le « Plan d'actions » doit se construire en tenant compte des priorités retenues au point 5.6.2.7. La priorité sera d'abord donnée aux solutions du groupe 1 et ensuite aux solutions du groupe 2 ayant un impact positif sur au moins 3 indicateurs (agir sur un élément pour obtenir un effet peut en même temps améliorer une autre lacune). Les autres solutions seront considérées comme étant moins urgentes et pouvant être prises en considération en dernier lieu.

Le « plan d'actions » sera présenté selon un chronogramme de mise en place sur 3 ans en précisant ce qu'il est possible de mettre en place directement, ce qui nécessite des tests préalables, ce qui nécessite des informations complémentaires avant l'implantation, etc.



Travaillez avec le tableau proposé ci-après comme exemple pour indiquer les étapes de mise en œuvre des interventions. Utilisez un tableau par étape (année).

Indiquer dans le tableau les N solutions à mettre en place (description générale de l'objectif) et les N actions à mener pour y arriver. Les N solutions seront regroupées dans chaque tableau en 4 groupes : diversification des productions, pratiques culturales, pratiques phytosanitaires et aménagement/gestion des IAE/UAE. De plus, pour les étapes 2 et 3 (années 2 et 3) on séparera pour chaque groupe les interventions nouvelles de celles à poursuivre. Faites également un tableau de synthèse (voir exemple ci-après) reprenant très brièvement les principales actions à mener chaque année pour chaque solution.

Il est également nécessaire de prévoir un suivi de l'évolution de la biodiversité afin de vérifier si une amélioration s'opère suite aux actions prises pour lever les lacunes. Proposez un programme d'évaluation de la biodiversité en spécifiant les indicateurs à observer selon le modèle présenté ci-après.

Modèle de tableau pour le Plan d'actions (exemple à utiliser)

| Étape... - ... année | |
|---|------------------------------------|
| 1. Diversification des productions | |
| Solution | Actions envisagées et commentaires |
| <i>Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de l'année (des années) précédente(s)</i> | |
| | |
| Nouvelles interventions | |
| | |
| 2. Pratiques culturelles | |
| Solution | Actions envisagées et commentaires |
| <i>Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de l'année (des années) précédente(s)</i> | |
| | |
| Nouvelles interventions | |
| | |
| 3. Pratiques phytosanitaires | |
| Solution | Actions envisagées et commentaires |
| <i>Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de l'année (des années) précédente(s)</i> | |
| | |
| Nouvelles interventions | |
| | |
| 4. Aménagements IAE/UAE | |
| Solution | Actions envisagées et commentaires |
| <i>Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de l'année (des années) précédente(s)</i> | |
| | |
| Nouvelles interventions | |
| | |

Modèle de synthèse du plan d'action

| Solution | Année 1 | Année 2 | Année 3 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|
| Diversification des productions | | | |
| Pratiques culturales | | | |
| Pratiques phytosanitaires | | | |
| Aménagements IAE/UAE | | | |

Modèle pour le planning d'évaluation des indicateurs

| Indicateur | Année 1 | Année 2 | Année 3 |
|--|---------|---------|---------|
| Biodiversité domestique | | | |
| Biodiversité sauvage para-agricole animale | | | |
| Itinéraire technique | | | |
| Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés | | | |
| IAE/UAE | | | |
| Zones tampons en pourtour d'exploitation | | | |

Faites votre propre « Plan d'actions » complet. Consultez ensuite le solutionnaire proposé et comparez avec votre plan.

5.6.2. Élaboration d'un plan d'actions : résultat proposé

Vous avez réalisé votre partie de l'exercice? Bravo! Comparez maintenant votre résultat au solutionnaire proposé, identifiez les différences et essayez de voir pourquoi votre résultat diffère. Mais peut-être avez-vous imaginé une nouvelle et/ou une meilleure proposition? Rédigez en quelques lignes votre analyse des résultats et votre perception personnelle: cela vous aidera à retracer la logique de votre démarche.

Solutionnaire proposé : proposition d'un plan d'actions en 3 tableaux (3 étapes, 1 année par étape)

Étape 1 - année 1

Solutions du groupe « priorité 1 » à mettre en place en premier lieu et actions à mener en première année

1. Diversification des productions

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|---|--|
| 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | Remplacement d'une partie des surfaces en maïs par des cultures de sorgho et de millet . Si possible, dès le début, cultiver au moins 3 variétés par « nouvelle culture ». |
| 4 variétés de maïs sur l'année au lieu d'une seule | Semis après choix des variétés de maïs à faire en fonction des périodes de semis et du marché (maïs grain, maïs vert...) |

2. Pratiques culturales

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|--|---|
| Augmentation d'apport de matière organique au sol | Dans un premier temps augmenter les applications de fumier d'au moins 50 % avant l'installation des cultures. Le fumier devrait être composté avant utilisation. Installer une aire de compostage qui servira à composter aussi les déchets végétaux de l'exploitation. |
| Cultures en association avec préférence aux légumineuses | Dans un premier temps associer , selon la saison, des cultures comme du niébé et des courges aux maïs, sorgho et millet . |
| Jachères et/ou cultures dérobées | Cette pratique n'est envisageable que sur les parcelles où il y a une période suffisamment longue disponible entre deux cultures. Ceci est le cas uniquement sur la partie de l'exploitation comportant de grandes parcelles. Cependant la période où cela est faisable est une période sèche et très chaude peu propice à l'installation de plantes pour une jachère ou une culture dérobée sans irrigation. Des tests préliminaires sont nécessaires. Des plantes comme le niébé ou d'autres plantes pourraient être testées en culture dérobée avec une irrigation uniquement en début de cycle. |

| | |
|---|---|
| Pratique du semis ou repiquage direct dans la couverture végétale | Ceci ne semble envisageable que pour les cultures pratiquées juste après la culture pluviale mais cette dernière devrait avoir un couvert végétal renforcé par la présence d'une culture en association ou en dérobé. Des tests préliminaires sont nécessaires. |
|---|---|

3. Pratiques phytosanitaires

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|---|---|
| Désherbage mécanique au lieu du désherbage chimique | Les herbicides sont utilisés uniquement sur les grands carrés. Afin de réduire la surface en désherbage chimique un test de désherbage mécanique sera effectué sur 50 % des terres cultivées dans les grands carrés . Ceci pour arriver à un taux de terres dés herbées chimiquement inférieur à 30% sur l'ensemble de l'exploitation. |

4. Aménagement/gestion des IAE/UAE

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|---|---|
| Ne pas brûler les déchets prêt des haies et sur les bandes enherbées; broyage et/ou compostage des déchets organiques ou utilisation comme paillage | L'arrêt du brûlage est assez facile à faire à condition de pouvoir déplacer facilement les déchets végétaux et de pouvoir les emmener dans une aire de compostage. La priorité est de mettre en place une aire de compostage au sein de l'exploitation et de disposer de matériel pour le broyage/déchiquetage des déchets les plus gros. |
| Haies privilégiant les plantes utiles aux auxiliaires aériens des cultures | La plantation des haies doit comporter plusieurs strates à composer en fonction de la taille des parcelles et de la place disponible. Elles doivent comporter la plus grande diversité de plantes en privilégiant les plantes à fleurs favorables aux abeilles et auxiliaires. On privilégiera les plantes locales adaptées au climat. Pour les petites parcelles on plantera des haies perpendiculairement à la pente du terrain environ tous les 50 m. Pour les grandes parcelles également les haies seront implantées le long de chaque chemin transversal distants entre-deux d'environ 50 m. L'idéal est d'implanter les haies en début de saison des pluies Les actions suivantes sont nécessaires en première année avant plantation : <ul style="list-style-type: none"> • Choix des espèces pour la composition des haies et plan de plantation. • Commandes selon la disponibilité ou auto-production des plants. • Prévoir possibilité d'irrigation après plantation en cas de besoin. |

Brise-vents sur le pourtour de l'exploitation

Le brise-vent comportera idéalement plusieurs strates comme les haies mais devra comporter plus d'arbres de grande hauteur. On favorisera les espèces locales et peu exigeante en eau. La plantation doit avoir lieu en début de saison des pluies.

Les actions suivantes sont nécessaires en première année avant plantation :

- Choix des espèces pour la composition des brise-vents et plan de plantation.
- Commandes selon la disponibilité ou auto-production des plants.
- Prévoir possibilité d'irrigation après plantation en cas de besoin.

Étape 2 - deuxième année

Solutions à mettre en place en second lieu et actions à mener en 2^{ème} année :

- Les solutions du groupe « priorité 2 » ayant un impact positif sur au moins 3 indicateurs et n'ayant pas déjà été lancées à l'étape 1
- Les solutions du groupe « priorité 1 » dont les actions ont déjà démarré et sont à poursuivre

1. Diversification des productions

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de la première année

| | |
|---|---|
| 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | Remplacement d'une partie des surfaces en maïs par des cultures de sorgho et de millet. Si possible cultiver au moins 3 variétés par « nouvelle culture ». |
| 4 variétés de maïs sur l'année au lieu d'une seule | Semis après choix des variétés de maïs à faire en fonction des périodes de semis et du marché (maïs grain, maïs vert...). |

Nouvelles interventions

| | |
|--|---|
| Parcelles PC1 à PC 36 cultivées avec 4 cultures au lieu de 2 en période sèche. | Les parcelles comprendront en plus : du chou pommé à la période de la culture de la tomate et de l'oignon à la période de la culture du gombo. Si possible, dès le début, cultiver au moins 3 variétés par culture. |
| Elevage de poulets | Installer l'élevage après avoir fait une étude de faisabilité et fait les aménagements nécessaires. |

2. Pratiques culturales

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de la première année

| | |
|---|---|
| Plus d'apport de matière organique au sol | Continuer d'augmenter les applications de fumier de 50 % avant l'installation des cultures si cela n'a pas été totalement fait en année 1. Continuer ou commencer à composter sur l'aire de compostage les déchets végétaux de l'exploitation. |
| Cultures en association avec préférence aux légumineuses | Poursuivre/modifier/étendre , selon la saison, les cultures associées comme le niébé et les courges aux maïs, sorgho et millet . |
| Jachères et/ou cultures dérobées | Si nécessaire continuer les tests préliminaires ou mettre en place de manière plus étendue si les tests ont été concluants. |
| Pratique du semis ou repiquage direct dans la couverture végétale | Si nécessaire continuer les tests préliminaires ou mettre en place de manière plus étendue si les tests ont été concluants. |

Nouvelles interventions

| | |
|--|---|
| Plantes de couverture en association avec des légumineuses de préférence | Utiliser des plants de couverture si possible sur toutes les cultures de l'exploitation ou faire des tests préalables si nécessaire . |
|--|---|

3. Pratiques phytosanitaires

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de la première année

| | |
|---|---|
| Désherbage mécanique au lieu du désherbage chimique | Mettre en pratique et/ou continuer des tests de désherbage alternatifs aux herbicides chimiques. |
|---|---|

Nouvelles interventions

| | |
|--|---|
| Réduction de l'utilisation des insecticides néfastes aux auxiliaires | Analyser les traitements réalisés (profil des substances actives utili-sées, cibles des traitements etc.) et en fonction de cela identifier les produits autorisés dans le pays qu'il serait préférable d'utiliser . |
| Utilisation d'insecticides alternatifs aux produits chimiques (produits de biocontrôle etc.) | Mettre ces produits en test sur une partie de la surface de chaque culture. |

4. Aménagements IAE/UAE

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|--|--|
| Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de la première année | |
| Ne pas brûler les déchets prêt des haies et sur les bandes enherbées ; broyage et/ou compostage des déchets organiques ou utilisation comme paillage | <p>Continuer d'éviter le brûlage des déchets.</p> <p>Composter les déchets, préalablement broyés, sur l'aire de compostage prévue à cet effet.</p> <p>Utiliser éventuellement une partie des déchets broyés non compostés pour un paillage dans certaines cultures.</p> |
| Haies privilégiant les plantes utiles aux auxiliaires aériens des cultures | Planter en début de saison des pluies les plantes disponibles pour les haies sélectionnées comme prioritaires et effectuer les entretiens nécessaires. |
| Brise-vents sur le pourtour de l'exploitation | Planter en début de saison des pluies les plantes disponibles pour les brise-vents sélectionnés comme prioritaires et effectuer les entretiens nécessaires. |

Nouvelles interventions

| | |
|--|--|
| Haies le long des espaces fermés comme la forêt qui entoure l'exploitation | <p>La plantation des haies doit comporter plusieurs strates à composer en fonction de la place disponible. La densité de la strate des grands arbres sera suffisamment importante pour que l'effet écran recherché soit optimal. Elles doivent comporter la plus grande diversité de plantes en privilégiant les plantes à fleurs favorables aux abeilles et auxiliaires. On privilégiera les plantes locales adaptées au climat.</p> <p>Les actions suivantes sont nécessaires en première année avant plantation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Choix des espèces pour la composition des haies et plan de plantation. • Commandes selon la disponibilité ou auto-production des plants. • Prévoir possibilité d'irrigation après plantation en cas de besoin. |
|--|--|

Étape 3 - troisième année

Solutions à mettre en place en dernier lieu et actions à mener en 3^{ème} année :

- Les solutions du groupe « priorité 2 » ayant un impact positif sur moins de 3 indicateurs et n'ayant pas déjà été lancées à l'étape 2
- Les solutions des groupes « priorité 1 et priorité 2 » dont les actions ont déjà démarré et sont à poursuivre

1. Diversification des productions

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience des deux années écoulées

| | |
|---|---|
| Parcelles PC1 à PC 36 cultivées avec 4 cultures au lieu de 2 en période sèche. | Poursuivre l'occupation de ces parcelles avec les 4 cultures chou pommé, tomate, oignon, gombo ; changer de cultures ou diversifier encore plus avec d'autres cultures supplémentaires. |
| Elevage de poulets | Poursuivre l'élevage ou changer de type d'élevage si nécessaire. |
| 3 cultures différentes à la place du maïs seul en saison des pluies en remplaçant une partie de la surface cultivée par 2 autres cultures | Continuer, si cela n'a pas déjà été fait, le remplacement d'une partie des surfaces en maïs par des cultures de sorgho et de millet ou modifier le choix de ces cultures . Si possible cultiver au moins 3 variétés par « nouvelle culture ». |
| 4 variétés de maïs sur l'année au lieu d'une seule | Modifier éventuellement les variétés de maïs à semer en fonction des périodes de semis et du marché (maïs grain, maïs vert...). |

Nouvelles interventions

| | |
|--|--|
| Au moins 3 variétés différentes sur l'année pour les « nouvelles » cultures mises en place si cela n'a pas déjà été fait | Semis après choix des variétés à faire en fonction des périodes de semis et du marché. Si nécessaire, faire d'abord en test préalable sur petites surfaces. |
|--|--|

2. Pratiques culturales

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience des années précédentes

| | |
|---|--|
| Plus d'apport de matière organique au sol | Continuer d'augmenter les applications de fumier de 50 % avant l'installation des cultures si cela n'a pas été totalement fait en année 2. Continuer à composter sur l'aire de compostage les déchets végétaux de l'exploitation. |
|---|--|

| | |
|---|--|
| Cultures en association aux avec préférence aux légumineuses | Poursuivre/modifier/étendre , selon la saison, les cultures associées comme le niébé et les courges aux maïs, sorgho et millet. |
| Jachères et/ou cultures déro-bées | Continuer les tests préliminaires si nécessaires ou mettre en place de manière plus étendue si les tests sont concluants. |
| Pratique du semis ou repiquage direct dans la couverture végétale | Continuer les tests préliminaires si nécessaires ou mettre en place de manière plus étendue si les tests sont concluants. |
| Plantes de couverture en asso-ciation avec des légumineuses de préférence | Utiliser des plants de couverture si possible sur toutes les cultures de l'exploitation ou faire des tests préalables si nécessaire. |

Nouvelles interventions

| | |
|---|--|
| Couverture du sol améliorée en pratiquant le paillage | À mettre en place surtout pour les cultures où l'utilisation des plantes de couverture ne convient pas. |
| Application plus localisée des fumures minérales et organiques | Cette technique permet d'économiser les intrants et de réduire la pression azotée. À mettre en place pour le plus nombre de cultures possibles si la technique est connue et au point aussi non faire des tests. |
| Proportion plus élevée de fumure organique par rapport aux fumures minérales de fond et d'entretien | À faire , que ce soit pour des épandages en plein ou en localisé, sur le plus grand nombre de cultures possibles. |
| Travail du sol sans retournement et superficiel | À envisager si l'on n'arrive pas à pratiquer sur l'ensemble de l'exploitation la culture sous couverture végétale. Rechercher les équipements adaptés. |

3. Pratiques phytosanitaires

| Solution | Actions envisagées et commentaires |
|----------|------------------------------------|
|----------|------------------------------------|

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience des années précédentes

| | |
|--|---|
| Réduction de l'utilisation des insecticides néfastes aux auxiliaires | Mettre en place les produits dont les tests ont été concluants. Continuer d'analyser les traitements réalisés (profil des substances actives utilisées, cibles des traitements etc.) et en fonction de cela identifier les produits autorisés dans le pays qu'il serait préférable d'utiliser. |
| Utilisation d'insecticides alternatifs aux produits chimiques (produits de biocontrôle etc.) | Mettre ces produits en test sur une partie de la surface de chaque culture. |

Nouvelles interventions

| | |
|--------|---|
| Aucune | / |
|--------|---|

4. Aménagements IAE/UAE

Solution

Actions envisagées et commentaires

Interventions à poursuivre ou modifier en fonction de l'expérience de la première année

Haies le long des espaces fermés comme la forêt qui entoure l'exploitation

La plantation des haies doit comporter plusieurs strates à composer en fonction de la place disponible. La densité de la strate des grands arbres sera suffisamment importante pour que l'effet écran recherché soit optimal. Elles doivent comporter la plus grande diversité de plantes en privilégiant les plantes à fleurs favorables aux abeilles et auxiliaires. On privilégiera les plantes locales adaptées au climat.

Les actions suivantes sont nécessaires en première année avant plantation :

- Choix des espèces pour la composition des haies et plan de plantation.
- Commandes selon la disponibilité ou auto-production des plants.
- Prévoir possibilité d'irrigation après plantation en cas de besoin.

Ne pas brûler les déchets prêt des haies et sur les bandes enherbées ; broyage et/ou compostage des déchets organiques ou utilisation comme paillage

Continuer d'éviter le brûlage des déchets.

Composter les déchets, préalablement broyés, sur l'aire de com-postage prévue à cet effet. **Utiliser** éventuellement une partie des **déchets broyés pour un paillage** dans certaines cultures.

Haies privilégiant les plantes utiles aux auxiliaires aériens des cultures

Continuer de planter en début de saison des pluies les plantes disponibles pour les haies sélectionnées comme prioritaires et effectuer les entretiens nécessaires.

Brise-vents sur le pourtour de l'exploitation

Continuer de planter en début de saison des pluies les plantes disponibles pour les brise-vents sélectionnés comme prioritaires et effectuer les entretiens nécessaires.

Le tableau de synthèse ci-après permet de mieux visualiser les différentes étapes de la mise en place des actions par solution

| Solution | Année 1 | Année 2 | Année 3 |
|---|---|---|---|
| Diversification des productions | | | |
| 3 cultures pluviales au lieu de maïs seul | <ul style="list-style-type: none"> • Semer maïs, sorgho et millet | <ul style="list-style-type: none"> • Semer maïs, sorgho et millet ou modifier choix cultures | <ul style="list-style-type: none"> • Semer maïs, sorgho et millet ou modifier choix cultures |
| 4 variétés de maïs au lieu d'une seule | <ul style="list-style-type: none"> • Choisir variétés • Semer | <ul style="list-style-type: none"> • Choisir variétés • Semer | <ul style="list-style-type: none"> • Choisir variétés • Semer |
| 4 cultures au lieu de 2 sur PC1 à PC36 | / | <ul style="list-style-type: none"> • Cultiver chou pommé, oignon, tomate et gombo | <ul style="list-style-type: none"> • Continuer ces cultures ou modifier et/ou diversifier plus |
| Elevage de poulets | / | <ul style="list-style-type: none"> • Etude faisabilité • Aménagements • Mise en route | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre l'élevage |
| Au moins 3 variétés par espèce cultivée | / | / | <ul style="list-style-type: none"> • Augmenter nombre de variétés cultivées par culture¹⁰⁹ |
| Pratiques culturales | | | |
| Augmentation matière organique | <ul style="list-style-type: none"> • Augmenter apport au sol de 50 % • Installer une aire de compostage¹¹⁰ | <ul style="list-style-type: none"> • Continuer augmentation apport au sol de 50 % • Faire le compostage | <ul style="list-style-type: none"> • Maintenir augmentation apport au sol de 50 % • Continuer le compostage |
| Cultures en association | <ul style="list-style-type: none"> • Associer niébé et/ou courges aux cultures céréalières | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre / modifier / étendre les associa-tions | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre / modifier / étendre les associations |
| Jachères/cultures déro-bées | <ul style="list-style-type: none"> • Tests préliminaires sur grands carrés | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests |
| Semis/repiquage direct sous couverture végétale | <ul style="list-style-type: none"> • Test préliminaires | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests |
| Plantes de couverture en association | / | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou faire des tests | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou faire des tests |

109 À faire de préférence dès la première année.

110 Le compostage va permettre également une meilleure gestion des IAE/UAE en évitant notamment les brûlages des déchets végétaux dans l'exploitation.

| | | | |
|---|--|--|---|
| Pratique du paillage | / | / | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place |
| Fumure localisée | / | / | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place et/ou tester |
| Proportion élevée de fumure organique | / | / | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place et/ou tester |
| Travail sol sans retournement et superficiel | / | / | <ul style="list-style-type: none"> • Rechercher si disponibilité équipement adapté |
| Pratiques phytosanitaires | | | |
| Désherbage alternatif | <ul style="list-style-type: none"> • Test de désherbage alternatif sur 50 % des terres des grands carrés | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en pratique et/ou poursuivre tests |
| Insecticides alternatifs et respect des auxiliaires | | <ul style="list-style-type: none"> • Analyser les pratiques • Identifier les produits alternatifs disponibles • Mettre les produits en test | <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place produits concluants • Continuer analyse et tests |
| Aménagements IAE/UAE | | | |
| Ne pas brûler les déchets | <ul style="list-style-type: none"> • Arrêter immédiatement tout brûlage de déchets organiques | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre l'interdiction | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre l'interdiction |
| Haies entre parcelles | <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner espèces • Faire plan de plantation • Produire ou commander les plants | <ul style="list-style-type: none"> • Planter | <ul style="list-style-type: none"> • Planter • Entretenir |
| Brise-vents | <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner espèces • Faire plan de plantation • Produire ou commander les plants | <ul style="list-style-type: none"> • Planter | <ul style="list-style-type: none"> • Planter • Entretenir |

Haies en pourtour
d'exploitation /

- Sélectionner espèces
- Faire plan de plantation
- Produire ou commander les plants

- Planter

Le suivi de l'évolution de la biodiversité au sein de l'exploitation pourra se faire en évaluant les indicateurs de manière régulière (par exemple une fois par an) et se faire selon le programme suivant dans lequel on pourrait aussi indiquer le niveau espéré chaque année

| Indicateur | Année 1 | Année 2 | Année 3 |
|---|---------|---------|---------|
| Biodiversité domestique | | | |
| Nombre d'espèces cultivées | x | x | x |
| Nombre de variétés cultivées | | x | x |
| Présence d'élevage | | x | x |
| Biodiversité sauvage para-agricole animale | | | |
| Macrofaune invertébrés du sol | | | x |
| Auxiliaires aériens des cultures | | | x |
| Itinéraire technique | | | |
| Proportion surface avec herbicides | | | x |
| Proportion surface avec insecticides | | | x |
| Proportion surface avec fongicides | | | x |
| Azote total/ha/an | | x | x |
| Proportion d'N organique | | x | x |
| Proportion de la surface labourée avec retournement profond | | | x |
| Organisation spatiale et gestion temporelle des espaces cultivés | | | |
| Proportion de la culture principale | x | x | x |
| % de la surface cultivée en association | | x | x |
| Rotations (coefficient de Ruthenberg) | | | x |
| IAE/UAE | | | |
| Taux d'IAE/UAE | | x | x |
| Qualité des IAE/UAE | x | x | x |
| Connectivité des IAE/UAE | | | x |
| Zones tampons en pourtour d'exploitation | | | |
| Qualité | | x | x |
| Présence | | | x |



Abréviations et acronymes

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

| | |
|--------------|---|
| ACP | Afrique Caraïbes Pacifique |
| ACI | Agriculture Climato Intelligente |
| AFD | Agence Française de Développement |
| COP | Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) |
| ESCo | Expertise Scientifique Collective |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| FiBL | Institut de recherche de l'agriculture biologique |
| GES | Gaz à Effet de Serre |
| IFOAM | Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique |
| INRA | Institut national de la Recherche Agronomique |
| IAE | Infrastructures Agro-Ecologiques |
| OGM | Organisme Génétiquement Modifié |
| PNUE | Programme des Nations Unies pour l'Environnement |
| RDC | République Démocratique du Congo |
| SIG | Système d'Information Géographique |
| SAU | Surface Agricole Utile |
| SCDB | Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique |
| SCV | Systèmes de culture sur Couverture Végétale |
| SPB | Surface de Promotion de la Biodiversité |
| TSBF | Tropical Soil Biology and Fertility |
| UAE | Unités Agro-Ecologiques |
| UICN | Union Internationale pour la Conservation de la Nature |



Glossaire

GLOSSAIRE

| | |
|---|---|
| Action directement génétique | Amélioration ou modification génétique par la création de nouvelles variétés ou des organismes génétiquement modifiés |
| Anthropisation | Transformation d'un milieu sous l'action de l'homme, l'éloignant de son état naturel. |
| Aire d'alimentation des captages | Surface sur laquelle les eaux qui s'infiltrant alimentent le captage |
| Assolement | Répartition des cultures sur la surface de l'exploitation pendant une année donnée. L'assolement est la division d'une terre agricole en plusieurs parcelles qui supportent des cultures différentes. |
| Auxiliaire | Animal prédateur ou parasitoïde qui par son mode de vie apporte son concours à la destruction de ravageurs nuisibles aux cultures. |
| Bétoire | Petit entonnoir naturel, généralement dans un sol calcaire, par où se perdent les eaux superficielles. Puits artificiel, puisard pour absorber les eaux de pluie |
| Biocénose | Ensemble des êtres vivants coëxistant dans un espace écologique donné, plus leurs organisations et interactions. |
| Biodiversité | La biodiversité est la variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques dont ils font partie, y compris la diversité au sein des espèces (diversité génétique), entre espèces (diversité spécifique) et des écosystèmes (diversité des milieux). |
| Biodiversité domestique | Elle regroupe l'ensemble et la richesse des espèces et des sous-espèces (races, variétés) domestiquées par l'Homme et ayant été soumises à sa sélection. Le terme de «biodiversité domestique» est aussi utilisé pour exprimer la régression de la diversité des espèces cultivées et élevées depuis quelques années à l'échelle planétaire. |
| Biodiversité sauvage | Elle est présente spontanément, n'est souvent pas directement gérée par l'Homme mais est grandement influencée par ses activités. La biodiversité sauvage peut être remarquable ou ordinaire. Elle est remarquable lorsqu'elle est faite d'organismes vivants et habitats rares ou menacés de disparition. Elle peut être soumise dans ce cas à des réglementations. Dans le cas contraire elle est dite ordinaire. |

| | |
|--|---|
| Biotope | En écologie, un biotope est, littéralement en grec ancien, un type de lieu de vie défini par des caractéristiques physiques et chimiques déterminées relativement uniformes. Ce milieu héberge un ensemble de formes de vie composant la biocénose : flore, faune, fonge (champignons), et des populations de micro-organismes. C'est une composante d'un écosystème constituée par ses dimensions physicochimiques et spatiales. |
| Bocage | Paysage d'enclos caractérisé par un habitat dispersé combiné à une organisation individuelle de fermes entourées de leurs terrains d'exploitation, souvent enclos de haies ou de rideaux d'arbres, combinant majoritairement herbages et élevage. Région rurale où les champs cultivés et les prés sont enclos par des levées de terre ou talus portant des haies et taillis, et des alignements plus ou moins continus d'arbres et arbustes. |
| Caractéristiques fonctionnelles | Attributs réels, objectifs et observables liés au fonctionnement. |
| Clapas | Tas de pierres provenant de l'épierrement des champs. |
| Commensale | Un organisme commensal est un hôte habituel d'un autre organisme dont il profite sans lui causer de dommage. |
| Compétition pour les ressources et l'espace | Relation de rivalité entre espèces qui exploitent les mêmes ressources limitées (nourriture ; abris ; site de nidification). Elle peut interspécifique (entre espèces différentes) ou intraspécifique (entre individus de même espèce). |
| Conservation | Action de conserver, de maintenir intact ou dans le même état. Elle désigne aussi l'état de ce qui est conservé. |
| Déclivité | Se dit de la pente d'un terrain. |
| Dehesa | Pâturages boisés du sud-ouest de la péninsule ibérique où le climat et la végétation constituent un habitat idéal pour l'élevage des porcs ibériques et la production de jambon espagnol de la meilleure qualité. |
| Dérive génétique | Mécanisme de l'évolution qui aboutit à la création de nouvelles espèces à partir de populations d'individus. Ce mécanisme est celui de la variation aléatoire des fréquences alléliques au sein d'une population et au cours des générations. |

| | |
|------------------------|--|
| Ecobuage | L'écobuage est une technique agricole ancienne qui consiste à arracher la végétation et la couche superficielle de l'humus, d'incinérer ces éléments en petits tas, puis d'épandre les cendres sur le terrain afin de l'enrichir en éléments nutritifs.. |
| Ecosystème | Un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et micro-organismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu (sol, climat, eau, lumière) dans lequel ils vivent. C'est un ensemble structuré, constitué d'une biocénose et d'un biotope. |
| Ecotone | Zone de transition entre différentes communautés (= frontière entre deux écosystèmes). |
| Ecovolume | C'est le volume de la végétation uniforme et au-dessus du sol, sa composition et sa hauteur et dans lequel coëxiste et se développe des interactions entre les composantes biotiques et abiotiques. Ce concept, met en évidence l'interrelation entre les espèces qui vivent dans les limites d'un volume et relie une biocénose à des conditions spécifiques dans un endroit donné. |
| Emonde | Branches coupées par émondage. Emondage: élimination de certaines branches d'un arbre ou arbuste pour lui donner une forme désirée, éliminer une partie malade ou brisée, ou stimuler sa croissance. |
| Equitabilité | Caractère équitable. |
| Espèce rudérale | Les plantes rudérales sont des plantes qui se développent à proximité ou sur des décombres, dans les friches, sur les talus de gravats. |
| Espèce vivace | Se dit d'une plante vivant plus de trois saisons (on parle de plante pérenne lorsqu'elle semble vivre indéfiniment). |
| Exutoire | Point le plus en aval d'un réseau hydrographique, où passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin. |
| Fonction | Ensemble d'opérations concourant au même résultat et exécutées par un organe ou un ensemble d'organes. C'est aussi le rôle joué par un élément dans un ensemble. |

| | |
|--|--|
| Friche | <p>Les friches sont des terrains qui ont perdu leur fonction, leur vocation, qu'elle soit initiale ou non : friche urbaine, friche industrielle, friche commerciale, friche agricole. Laissées momentanément à l'abandon, ces surfaces peuvent fournir l'opportunité de repenser l'aménagement du territoire, tant en milieu rural qu'urbain. La situation n'a pas de caractère irréversible : la friche peut être réaffectée à une activité comparable ou être réaffectée à une autre activité (anciennes usines réhabilitées en ensembles résidentiels, de bureaux ; terrils en espaces de loisir, etc.). Il s'agit donc souvent d'un temps d'attente, d'une situation transitoire entre un usage et un autre.</p> |
| Génotype | <p>Le génotype est constitué par l'ensemble des caractères héréditaires propres à un individu</p> |
| Habitats naturels d'intérêt communautaire | <p>Les habitats d'intérêt communautaire sont mentionnés à l'annexe I de la directive européenne « Habitats ».</p> <p>Ils ont été sélectionnés selon les critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">• en danger de disparition dans leurs aires de répartition naturelle ;• ayant une aire de répartition réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement restreinte ;• constituant des exemples remarquables, propres à une région biogéographique européenne, et représentatifs de la diversité écologique de l'Union Européenne. |
| Ichtyologie | <p>Par ichtyologie, ou ichthyologie, on découvre une branche de la zoologie entièrement consacrée à l'étude des poissons. Cela inclut les poissons osseux avec les Ostéichthyens, les poissons cartilagineux avec les Chondrichthyens comme les requins. Des animaux aquatiques, les vertébrés sans mâchoire ou agnathes sont parfois improprement considérés comme des poissons.</p> |

| | |
|---|---|
| Indicateur | <p>Un indicateur est un outil d'évaluation et d'aide à la décision.</p> <p>De manière générale, un indicateur est le résumé d'une information complexe qui offre la possibilité aux différents acteurs (scientifiques, gestionnaires, politiques et citoyens) de dialoguer entre eux.</p> <p>Un indicateur de biodiversité doit permettre de quantifier la biodiversité et ses variations de répartition spatio-temporelle. Il doit aider à évaluer quantitativement et qualitativement l'état de santé et la richesse du monde vivant.</p> <p>Cependant, un indicateur est toujours un modèle de la réalité, non la réalité elle-même ; c'est pourquoi il doit être accompagné d'informations qualitatives et de commentaires.</p> |
| Intraspécifique et Interspécifique | <p>Intraspécifique est le terme qui convient à toute relation qui s'établit entre des individus appartenant à une seule et même espèce. Interspécifique est le terme qui convient à toute relation qui s'établit entre des individus appartenant à des espèces différentes.</p> |
| Lisier | <p>Mélange de déjections d'animaux, d'eau et éventuellement de résidus de litières dans lequel domine l'élément liquide.</p> |
| Litière du sol | <p>La litière végétale est l'ensemble des feuilles mortes et des débris végétaux en décomposition sur le sol. Elle accueille un écosystème d'organismes décomposeurs qui la transforme peu à peu en humus.</p> |
| Lixiviation | <p>La lixiviation correspond au transport, dans la couverture pédologique et vers la profondeur et les aquifères, de substances dissoutes (nitrates, phosphates, pesticides, etc.) résultant des mouvements de la phase liquide du sol ou substrat. De façon simplifiée : entraînement des éléments solubles dans (ou hors) de la couverture pédologique, le substrat.</p> |
| Maillage écologique | <p>Le maillage écologique est la constitution d'un réseau de liaisons entre des espaces verts ou aquatiques afin de faciliter toutes sortes d'échanges biologiques (sommets des trames). On appelle couloir ou corridor écologique, les zones de communication qui créent des continuités écologiques (liaisons entre les écosystèmes). Procéder au remaillage écologique consiste à recréer des connexions entre les écosystèmes pour pallier aux effets de la fragmentation paysagère (reconstitutions des corridors biologiques entre les écosystèmes).</p> |

| | |
|----------------------------------|---|
| Mattoral | Formation buissonnante à petits arbres rabougris et espacés (caroubier, lentisque), localisée surtout en Castille et qui est une forme dégradée de la forêt à chêne vert. |
| Modification de l'habitat | C'est l'une des causes principales de disparition des espèces. Par la construction de routes et d'habitations, l'Homme morcelle le paysage et fragmente ainsi les habitats naturels. |
| Parasitoïde | Organisme parasite qui, en se développant, provoque systématiquement la mort de son hôte. Cela sort du sens strict du parasitisme, dans lequel le parasite classique tend à préserver l'hôte, sa mort ne lui apportant rien. |
| Parcours | Désignation des lieux pâturés par le bétail. Cette appellation propre à d'anciennes coutumes de droit rural est devenue un terme technique en agriculture moderne désignant les terres incultes ou à très faible rendement et dévolues à l'élevage du bétail de rente. |
| Pelouse sèche | Une pelouse sèche calcicole est une pelouse qui se développe sur des sols calcaires secs. Sous ce terme se cache en réalité une multitude de milieux dont la gestion doit être adaptée en fonction de la faune et de la flore présentes ainsi que des contraintes de production de l'agriculteur. |
| Phénotype | Ensemble des caractères observables, apparents, d'un individu, d'un organisme dus aux facteurs héréditaires (génotype) et aux modifications apportées par le milieu environnant. |
| Physiologique | Relatif au fonctionnement des organes et des tissus chez les êtres vivants. |
| Plasticité écologique | Aptitude à s'adapter à des conditions écologiques diverses. |
| Prédation directe | Interaction directe de nature antagoniste unilatéralement préjudiciable, entre une espèce dénommée prédateur et une à plusieurs espèces dénommée(s) proie(s), duquel ou desquels l'espèce « nuisible » dépend de façon opportuniste voire obligatoire au plan trophique. Par exemple, un loup qui mange un lièvre ou un lion qui mange une gazelle. |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Remembrement | Le remembrement est un terme agricole faisant référence à un aménagement foncier particulier. Il consiste à regrouper un ensemble de petites parcelles en un terrain de plus grande taille. Cette technique permet bien souvent d'accroître la rentabilité des cultures. Le remembrement donne naissance à des paysages agricoles dépourvus de végétation haute. Il est une cause de la débocagisation. |
| Réseau écologique | Le réseau écologique est «l'ensemble des habitats susceptibles de fournir un milieu de vie temporaire ou permanent aux espèces végétales et animales, dans le respect de leurs exigences vitales, et permettant d'assurer leur survie à long terme». Il est désigné comme infrastructure verte dans certains documents européens. |
| Réseaux trophiques | Ensemble des relations alimentaires entre espèces au sein d'une communauté et par lesquelles l'énergie et la matière circulent. C'est l'ensemble de chaînes trophiques qui relie les organismes d'une biocénose |
| Services écosystémiques | La définition communément admise de services écosystémiques ou écologiques est celle de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) qui dit que ce sont les bénéfices que les humains retirent des écosystèmes. Par souci de simplicité, on dit que les écosystèmes «rendent» ou «produisent» des services». |
| Standard privé | Un standard est un référentiel publié par une entité privée autre qu'un organisme de normalisation national ou international ou non approuvé par un de ces organismes pour un usage national ou international. |
| Surface Agricole Utile (SAU) | Superficie totale de l'exploitation, diminuée des zones occupées par les bâtiments et cours. |

- Symbionte** Organisme s'inscrivant dans une relation de symbiose, au sens le plus large. Celle-ci implique donc deux symbiotes. On appelle plus précisément endosymbiote un organisme contenu dans les organes d'un hôte plus gros et nourri par ce dernier. Ex.: les bactéries qui génèrent la bioluminescence chez certains poissons des profondeurs. Symbionte est la forme anglicisée, assez fréquemment utilisée, du français symbiote.
- Taxon** Groupe faunistique ou floristique correspondant à un niveau de détermination systématique donné : classe, ordre, genre, famille, espèce.
- Variétés hybrides** Les variétés hybrides sont des plantes issues d'un croisement entre deux variétés génétiquement pures et différentes, en général pour valoriser un ou des caractères précis dont : couleur, taille, résistance aux maladies ou aux conditions climatiques, etc.



Références bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

Ab. R. Rakotoarivelo, Razafimanahaka, J. H., Rabesihanaka, S., Jones, J.P.G. et Jenkins, R. K.B. (2011). «Lois et règlements sur la faune sauvage à Madagascar : Progrès accomplis et besoins futurs»; 37p

AGRISUD INTERNATIONAL (2010).
«L'agroécologie en pratiques. Guide, édition 2010»; 188 p

AGROFORESTERIE, Association française.
«AGROFORESTERIE : vers une meilleure gestion de la BIODIVERSITE.» 2 p

Agroforestry Systems (1982). Editorial –
«What is Agroforestry?» Agrof. Syst. 1 : 7-12.

Altieri M.A., 1995. «Agroecology: The science of Sustainable Agriculture» (2nd ed.), Westview press.

Amoussou, E. (2004).
«Systèmes traditionnels de gestion du lac Ahémé au Bénin ;
Département de géographie et d'aménagement du territoire»;
Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Barnaud, C., Antona, M. et Marzin J. (2011).
«Vers une mise en débat des incertitudes associées à la notion de service
écosystémique. Volume 11 Numéro 1, Vertigo - la revue électronique
en sciences de l'environnement.»
URL <http://vertigo.revues.org/10905>, DOI : 10.4000/vertigo.10905.

Bouvier J.C. (2004).
«Exposition et réponse de l'avifaune aux pratiques phytosanitaires en vergers :
Possibilités de traduction en termes de bioindication et de transfert vers
la profession agricole.» Mémoire d'Ingénieur Diplômé par l'État,
spécialité Agriculture, ENSA.M, Montpellier, 62 p + annexes.

Briane G. (2015).
Biodiversité et agrodiversité : définitions, enjeux et débats ; UE GE0001X –
«Les grandes questions environnementales» Cours magistral du lundi ;
14h00-16h00 ; 2015

Budelman, A. and T. Defoer. (2000),
«Managing soil fertility in the tropics PLAR and resource flow analysis
in practice Case studies from Benin, Et a, Kenya, Mali and Tanzania», 19 p

C. Parmesan, G. Yohe. 2003. «A globally coherent fingerprint of climate change
impacts across natural systems. Nature 421»

Calame, M. ().

« Biodiversité domestique / cultivée » ; COREDEM,
<http://lexicommon.coredem.info/article44.html#> [12.08.2017]

CCBA (2013).

« Standards Climat, Communauté et Biodiversité. » Troisième édition.

CCBA, Arlington, VA, USA. décembre 2013.

www.climate-standards.org

Chateil C., Goldringer I., Tarallo L., Kerbirioua C., Le Viola I.,

Pongeb J.F., Salmon S., Gachet S., Porcher E., 2013.

« Crop genetic diversity benefits farmland biodiversity in cultivated fields.
 Agriculture Ecosystems Environment » 171, 25-32

Costanza R. *et al* (1997).

« The value of the world's ecosystem services and natural capital. »
 Nature n° 387 (6630), p. 253-260.

Couture, I. (2007).

« Du maïs sucré sans insecticide ? Oui, c'est possible ! »

Dans Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
 Environnement – Horticulture, [En ligne].

http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/5162ED87-4285-4121-81FE063721633C66/0/GTA320417_mais_sucre_isabelle_couture_SI.pdf.

De Vallavieille-Pope C., Mille B., Belhadj Fraj M., Meynard J.M. (2004).

« Intérêt des associations de variétés de blé pour diminuer les fongicides ;
 conséquence sur la filière. » Le Sélectionneur Français 54, 45-56.

De Wachter, P. (1997).

« Économie et impact de l'agriculture itinérante Badjoué [sud-Cameroun] » ;
 Institut de sociologie de l'Université Libre de Bruxelles, ISBN 2-87263-122-4

DI CASTRI F. et Y OUNÈS T. (1995).

« Fonction de la diversité biologique au sein de l'écosystème ».
 Acta Oecologica, 11 : 429-444.

Djama, M. (2011).

« Articuler normes volontaires privées et réglementations publiques » ;
 CIRAD, La recherche agronomique pour le développement in Madagascar
 conservation & development, volume 6, issue 1-june 2011 ; 4 p

Doppler, W., V. Hoffmann and A. Floquet. (2000),
« Reports results 1994 : Adoption of Soil Improving and Agroforestry innovations
in family farms in Southern Benin. » Cotonou, Benin: University of Honenheim -
INRAB - UNB/FSA, Special research programme 308, p. 571-610.

FAO (1990).
« Gestion des eaux en irrigation. »
Manuel de formation n° 5. Méthodes d'irrigation., 74 p

FAO, 2005, Manuel de formation :
« Interactions du genre, de la biodiversité agricole et des savoirs locaux
au service de la sécurité alimentaire »

FAO, 2016,
« Agriculture durable et biodiversité : des liens inextricables »,
disponible sur <http://www.fao.org/publications/fr>

Fatouros, N.E. (2008). Cover image.
« In Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States
of America. » Table of contents – July 22, 2008,
<http://www.pnas.org/content/105/29.cover-expansion>
(Page consultée le 15 juin 2010).

Fétiveau, J., Karsenty A., Guingan A. et Castellanet C. (2014).
« Etude relative aux initiatives innovantes pour le financement biodiversité
et l'identification des mécanismes à fort potentiel » ;
Rapport final ; République Française, Ministère des Affaires Etrangères
et du Développement International ; 97 p

Finckh M., Gacek E., Goyeau H., Lannou C., Merz U., Mundt C., Munk L., Nadziak J.,
Newton A. C., De Vallavieille-Pope C., Wolfe M. S. (2000).
« Cereal variety and species mixtures in practice,
with emphasis on disease resistance. » *Agronomie* 20, 813-837.

Finckh M.R. (2008).
« Integration of breeding and technology into diversification strategies
for disease control in modern agriculture. » In: Collinge D.B., Munk L.,
Cooke B.M. (Eds). « Sustainable disease management in a European context. »
Springer Netherlands, 399-409.

GIZ. (2012).
« Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols Contribution à l'adaptation
au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. »
https://reca-niger.org/IMG/pdf/Bonnes__pratiques-CES-DRS-GIZ.pdf

Gliesmann S. (1998).

«Agroecology: ecological Processes in Sustainable Agriculture»,
MI: Ann Arbor Presse.

Gold M.A., Rietveld W.J., Garrett H.E. et Fisher F. (2000).

«Agroforestry nomenclature, Concepts and practices for the USA»,
dans North American agroforestry: an integrated science and practice. pp. 32-63.

Hladik, C. M. et Hladik A. (1967).

«Observations sur le rôle des primates dans la dissémination des végétaux
de la forêt gabonaise.» *Biologia Gabonica*, 1967, 3, pp. 43-58

Jamal, Z. (2008).

«Application de *Beauveria bassiana* contre la punaise terne *Lygus lineolaris*
(palisotde beauvois) (hémiptères: miridés) dans les vignobles.»
Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 101 p.

Joshi B. K., Gurung S. B., Parash M., Bhandar B. and Gauchan D. (2018).

Intra-varietal diversity in landrace and modern variety of rice and buckwheat.
The Journal of Agriculture and Environment Vol: 19.

Klein A.M *et al.* (2006).

Importance of pollinators in changing landscape for world crops.
Proceedings of the Royal Society of London. Série B.; 274 (1608) 303-313.

Konaté S & Kampmann D (eds). 2010 :

«Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest»,
Tome III: Côte d'Ivoire. Abidjan & Frankfurt/Main.

Konaté S, Le Roux X, Verdier D et Lepage M. (2003).

«Effect of underground fungus-growing termites on carbon dioxide emission
at the point and landscape scales in an African savanna.»
Functional Ecology, 17, 305–314.

König, P. (1994).

«Dégradation et érosion des sols au Rwanda in *Cahiers d'outre-mer*»,
Année 1994 Volume 47 Numéro 18, pp. 35-48;

http://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1994_num_47_185_3503

KOUAME K. J. et B. KOUA O. (2001),

«Rôle de la jachère améliorée à légumineuses arbustives dans
la stabilisation de la culture d'ignames en zone de forêts dégradées.»
Dans *Atelier national sur le développement durable de la production
et de la consommation de l'igname en Côte d'Ivoire*. Abidjan : p. 117-122.

Lavelle P. (2002).

«Functional domains in soils.» *Ecological Research*, 17, 441–450.

Lawani, R. A. N. Kelome N. C., Agassounon Djikpo Tchibozo M.,
Houkpe J. B., Adjagodo A. (2017).

«Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface
en République du Bénin in *Larhyss Journal*»,
ISSN 1112-3680, n°30, Juin 2017, pp. 173-190

Leakey R. (1996).

«Definition of agroforestry revisited.» *Agroforestry today* 8 : pp. 5-7.

Le Roux, X., R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog,
S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008.

«Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies.»
Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France).

M'Biandoun M., Guibert H. et Olina J.P. 2006.

«Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes
présentes.» *TROPICULTURA*, 24, 4, 247-252.

Mc Guinness, S. (2014).

«The effects of human-wildlife conflict on conservation and development :
a case study of Volcanoes National Park, northern Rwanda» ;
University of Dublin ; 253 p

MEPN et UNDP (2009).

«Quatrième rapport national du Bénin sur la convention
des nations unies sur la diversité biologique» ; Cotonou, 172 p

Mundt C.C. (2002).

«Multiline Cultivars and Cultivar Mixtures for Disease Management.»
Annual Review of Phytopathology 40, 381-410.

Nair, P.K.R. (1993).

«An Introduction to Agroforestry»
(Dordrecht : Kluwer Academic Publishers).

Nair, P.K.R. (2007).

«The Coming of Age of Agroforestry.»
J. of Sci. of Food & Ag. 87 : 1613-1619.

Ngom D. 2011.

«Note de cours sur "Biodiversité et Développement Durable"».
Université Cheikh Anta Diop, Dakar.

PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010.

« Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. »
Par S. Ben Haj et A. Limam, CAR/ASP Edit., Tunis : 1-28.

Riba G. et Silvy C.,

« Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives »,
Paris, INRA, 1989, 230 p. (ISBN 9782738000699), p. 15.

Röhrig, J. (2008).

« Évaluation of agricultural land resources in Benin by regionalisation
of the marginality index using satellita data »; Universität Bonn, 192 p

Rossi JP. (1998).

« Rôle fonctionnel de la distribution spatiale des vers de terre dans
une savane humide de Côte d'Ivoire. » Thèse de Doctorat, Université Paris VI

Ruthenberg, H. (1980).

« Farming systems in the tropics / Hans Ruthenberg », with contributions
by MacArthur J. D., Zandstra H. D. and Collinson M. P.. ISBN : 019859481X;
0198594828

Savino *et al.* (2017).

« Detection of Intra-Varietal Diversity Based on Differences in the Accumulation of
Secondary Metabolites for Winemaking Management of High-Quality Red Wines. »
Beverages 2017, 3, 45.

Schmidt M.H., Lauer A., Purtauf T., Thies C., Schaefer M. and Tscharntke T. (2003).

« Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. »
Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences
270(1527): 1905-1909.

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2008).

« Biodiversité et agriculture : Protéger la biodiversité et assurer
la sécurité alimentaire » Montréal, 56 pages.

Simon S., Defrance H. and Sauphanor B. (2007).

« Effect of codling moth management on orchard arthropods. »
Agriculture, Ecosystems & Environment 122(3): 340-348.

Steffan-Dewenter I. and Tscharntke T. (1999).

« Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. »
Oecologia 121(3): 432-440.

Tech&bio, 2015: « Biodiversité » (Poster)

http://www.tech-n-bio.com/le-salon-bio-et-conventionnel/programme/supports-techniques-2015.html?file=tl_files/2015-

Thrupp, LA 2003.

« Le rôle central de la biodiversité agricole : tendances et défis.

In Conversation and sustainable use of agricultural biodiversity. »

Publié par CIP-UPWARD en partenariat avec GTZ, IDRC, IPGRI et SEARICE

Tondoh E. J., Tiho S., Guei A. M. (2010).

« Les vers de terre. » Dans Konaté S & Kampmann D (eds). 2010 :

Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome III : Côte d'Ivoire.

Abidjan & Frankfurt/Main''.

Tscharntke T., Bommarco R., Clough Y., Crist T.O., Kleijn D., Rand T.A.,

Tylianakis J.M., van Nouhuys S. and Vidal S. (2007).

« Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale.

Biological Control » 43(3) : 294-309.

UE, OSC et SPONG (2012).

« Fiches techniques de bonnes pratiques en matières de gestion durable des terres, d'adaptations aux changements climatiques et de conservation de la diversité biologique dans les régions du plateau central, du centre, du nord et du Sahel » ; 113 p

UICN et Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (2011).

« Catalogue de bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso » ; 62 p

UNEP (2002).

« Global environment outlook, 3: Past, present and future perspectives » ; Mnatsakanian, RA.

Vaissière B. *et al.* (2005) :

« Abeilles, pollinisation et biodiversité. Abeilles & cie » n°106 p. 10-14

(voir aussi [site internet de l'INRA Avignon, Laboratoire de pollinisation entomophile](#))

Whitham T., Bailey J., Schweitzer J., Shuster S., Bangert R., Leroy C.,

Lonsdorf E., Allan G., DiFazio S., Potts B., Fischer D., Gehring C.,

Lindroth R., Marks J., Hart S., Wimp G., Wooley S. (2006).

« A framework for community and ecosystem genetics : from genes to ecosystems. » Nat. Rev. Genet. 7, 510-523.

Wolfe M.S. (1985).

« The Current Status and Prospects of Multiline Cultivars and Variety Mixtures for Disease Resistance. » Annual Review of Phytopathology 23, 251-273.

Zhang W., Ricketts T.H., Kremen C., Carney K. and Swinton S.M. (2007).
«Ecosystem services and dis-services to agriculture.»
Ecological Economics 64(2) : 253-260.

Zhu Y., Chen H., Fan J., Wang Y., Li Y., Chen J., Fan J., Yang S.,
Hu L., Leung H., Mew T.W., Teng P.S., Wang Z., Mundt C.C. (2000).
«Genetic diversity and disease control in rice.»
Nature 406, 718-722.

Zimmermann, G. (2007).
«Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*
and *Beauveria brongniartii*.»
Biocontrol Science and Technology, vol. 17, no. 6, p. 553-596.

Zou, X. et Sanford, R.L. (1990).
«Agroforestry Systems in China : a Survey and Classification.»
Agrof. Syst. 11 : 85-94.



Sites Web utiles

SITES WEB UTILES

DOCUMENTS GÉNÉRAUX SUR LA BIODIVERSITÉ

Dictionnaire d'agroécologie. Diversification des assolements

<https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/diversification-des-assolements/>

Dury, J., Schaller, N., Garcia, F., Reynaud, A., Bergez, J.E. (2012). Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 567-580. DOI: 10.1007/s13593-011-0037-x

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0037-x>

Morlon P., 2013 b. - Assolement, rotation, succession, système de culture : fabrication d'un concept, 1750-1810 In : *Les mots de l'agronomie, dictionnaire historique et critique*, INRA, Paris.

Schaller, N. 2012. La diversification des assolements en France :

intérêts, freins et enjeux. ANALYSE, Centre d'études et de prospective, 4p.

<http://agriculture.gouv.fr/la-diversification-des-assolements-en-france-interets-freins-et-enjeux-analyse-ndeg51>

Godefroy J., 1987 - Jachères, plantes améliorantes, rotations, assolements et cultures associées. *Fruits*, 42 (1): 43-46

« *Contour Stripcropping* ». *Minnesota Department of Agriculture*

https://bbe.umn.edu/sites/bbe.umn.edu/files/the_agricultural_best_management_practices_handbook_for_minnesota.pdf

« *Strip cropping and contouring* ».

University of Kentucky College of Agriculture, Food, and Environment

<http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/agr/agr98/agr98.htm>

Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture

<https://books.google.it/books?isbn=2759219011>

La Production et Protection Intégrées appliquée aux cultures maraîchères en Afrique soudano-sahélienne FAO -Projet GCP/RAF/244/BEL

<http://www.fao.org/3/a-az732f.pdf>

La gestion des ravageurs et des maladies en agriculture biologique

<https://teca.apps.fao.org/teca/fr/technologies/8575>

La gestion et la planification des cultures en agriculture biologique

<https://teca.apps.fao.org/teca/fr/technologies/8561>

Guide pratique du maraîchage au Sénégal

http://intranet.isra.sn/aurifere/opac_css/docnum/IS0305526.pdf

Fruits et légumes biologiques des régions tropicales

http://unctad.org/fr/docs/ditccom20032_fr.pdf

Agriculture et biodiversité Valoriser les synergies Rapport d'expertise Juillet 2008

http://documents.cdrflorac.fr/INRA_AgricultureEtBiodiversite.pdf

L'agroécologie en pratique

www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

La grande muraille verte - Capitalisation des recherches
et valorisation des savoirs locaux

<http://books.openedition.org/irdeditions/3247>

Guide des pratiques agroécologiques - Département de Mbour, Sénégal

<http://www.agrisud.org/wp-content/uploads/2016/03/REFSA-Guide-Fr-VF.pdf>

Pratiques agroécologiques et agroforestières en zone tropicale humide

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

Gestion de la biodiversité dans les écosystèmes agricoles

https://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Gestion_de_la_biodiversite%CC%81_dans_les_e%CC%81cosyste%CC%80mes_1699_02.pdf

Guide Pratiques (Source : Site internet IBIS) -

Fiches Pratiques agricoles et Biodiversité

http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/IBIS_Guide%20Pratiques.pdf

Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches.

Une approche créative de l'éducation à l'environnement.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001632/163264fo.pdf>

Pôle ERR - Agriculture-Forêt. Mettre en place des infrastructures

agroécologiques (IAE) sur son exploitation agricole : pourquoi ? comment ?

https://drtic-normandie.fr/proposees-bio/wp-content/uploads/IAE_rapport_FNE_2008.pdf

Gestion des bords de champs cultivés

http://www.agrifaune.fr/fileadmin/user_upload/National/004_eve-agrifaune/Publications_GTNA_BDC/Brochure_gestion_bordure_champs.pdf

Amélioration de la fertilité des sols par des moyens naturels

<http://terredesjeunes.org/sites/terredesjeunes.org/files/AmeliorationFertiliteDesSols-1.pdf>

Guide de conception de systèmes de production fruitière économes
en produits phytopharmaceutiques

<https://www.gis-fruits.org/Actions-du-GIS/Guide-Ecophyto>

Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques
<http://agriculture.gouv.fr/guide-pratique-pour-la-conception-de-systemes-de-culture-legumiers-economes-en-produits>

Effet des plantes de service sur les bio-agresseurs des Cultures
http://open-library.cirad.fr/files/2/56__etude_bioagresseurs_quaranta.pdf

Guide tropical - Guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires
<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>
<https://cosaq.cirad.fr/outils-d-aide-a-la-decision/guide-tropical>

Guide de Production Intégrée de mangues à la Réunion
https://reunion-mayotte.cirad.fr/content/download/7766/80992/version/1/file/obj_6900_file_Guide-PFI.pdf

E-TIC AgriGuide
http://www.agriguide.org/agriguide/files/etic_agriguide_fr_20120830.pdf
 anglais http://www.agriguide.org/agriguide/files/etic_agriguide_en_20120830.pdf

Les pratiques agroécologiques dans les exploitations agricoles urbaines et périurbaines pour la sécurité alimentaire des villes d'Afrique subsaharienne
http://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/8877/Gravel_Andreane_MEI_2016.pdf?sequence=1

Cultivons autrement : exemples locaux de techniques agro-écologiques
https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

Training manual - Module 9: *Crop Management*
<http://www.organic-africa.net/training-manual/module-9-crop-management.html>

L'intégration de plantes de service dans les systèmes de culture bananiers
<https://drive.google.com/file/d/0BxlDA5mXa72aUEtEWDJkLU14NTA/view>

Manuel du planteur de banane de Guadeloupe et Martinique, Éric de Lucy, TinoDambas (dir.), Institut technique tropical IT2, LPG, 6 p.
www.it2.fr/documentation/manuel-du-planteur-fr/

Manuel de gestion intégrée de la fertilité des sols
https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1854_PDF_pkVVoST.pdf
 anglais https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1853_PDF.pdf

Plantes et paysages d'Afrique. Une histoire à explorer.
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_04/010013287.pdf

Projet d'écovillage modèle et intégré, pour climat tropical humide
https://nanopdf.com/download/projet-d-ecovillage-pilote-documents-pour-le-developpement_pdf

Gestion intégrée de la Production et des Déprédateurs des cultures maraîchères
 Guide du facilitateur pour les Champs Ecoles des Producteurs
http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/radhort/BOOKS/CumarGuide.pdf

Le Potager tropical De Charles-Marie MESSIAEN - CILF.
<http://cilf.izibookstore.com/produit/77/9782853192733/Le%20Potager%20tropical>

Online Information Service for Non-Chemical Pest Management in the Tropics
<http://oisat.org/>

Ecological Infrastructures. Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level
https://www.iobc-wprs.org/pub/IOBC_Ideabook_preview.pdf

La pratique de la gestion durable des terres.
 2^{ème} Partie Bonnes pratiques de GDT adaptées à l'Afrique subsaharienne
<http://www.fao.org/docrep/014/i1861f/i1861f04.pdf>

DOCUMENTS PÉDAGOGIQUES

http://www.fondation-nature-homme.org/sites/default/files/publications/livret_decouverte_biodiversite.pdf

Brochure de 16 pages expliquant simplement ce qu'est la biodiversité, son utilité, ce qui la menace et comment la protéger par nos gestes de la vie quotidienne.

Tech&bio, 2015 : Biodiversité (Poster)
<http://www.tech-n-bio.com/le-salon-bio-et-conventionnel/programme/supports-techniques-2017.html>

Lien reprenant une série de posters et de présentations utilisées lors des conférences du salon des techniques bio et alternative à Valence en 2017.

FAO, 2016, Agriculture durable et biodiversité : des liens inextricables, disponible sur <http://www.fao.org/publications/fr> (<http://www.fao.org/3/a-i6602f.pdf>). Cette brochure présente le travail de la FAO en matière de biodiversité – thème transversal couvrant les secteurs de l'agriculture, la pêche et la foresterie. Elle offre des exemples d'actions sur le terrain et met en évidence les mécanismes internationaux pertinents. Elle montre comment les personnes tirent d'innombrables avantages de la biodiversité et des écosystèmes qui leur fournissent de la nourriture, de l'eau propre, un abri et des matériaux pour satisfaire leurs besoins.

Fiche pédagogique – Les associations des cultures

https://terre-humanisme.org/wp-content/uploads/2014/04/Fiche_peda_Associations_5.pdf?x24651

DOCUMENTS SUR LES INDICATEURS

Identify Biome and Ecoregion

<http://ecoregions2017.appspot.com/>

Fresh water ecoregions of the world

<http://www.feow.org/>

Global forest watch

<http://www.globalforestwatch.org/>

Alliance for Zero Extinction (AZE) 2010

<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=4ecca6a29bf142338e459e27ade152c8>

Key Biodiversity Areas (KBAs) and Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs)

<http://www.birdlife.org/worldwide/programmes/sites-habitats-ibas-and-kbas>

List of Wetlands of International Importance

<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>

World Database on Protected Areas

<https://protectedplanet.net/>

Global forest watch fires

<http://fires.globalforestwatch.org/map/#activeLayers=viirsFires%2CactiveFires&activeBasemap=topo&x=-20&y=17&z=7>

DOCUMENTS SUR LES ASSOCIATIONS DE PLANTES LIGNEUSES ET PLANTES HERBACÉES

Aménagements des jardins et des forêts jardinées de l'École du développement durable (en Afrique et à Madagascar)

<http://benjamin.lisan.free.fr/developpementdurable/AnnexeProjetEcoleDevDurable.pdf>

Complex and Multi-storied Plant Systems

<https://treeyopermacultureedu.wordpress.com/chapter-10-the-humid-tropics/soil-building-techniques-part-2/>

Cultures intercalaires et sylvo-pastoralisme. Technologie de la production horticole et de l'environnement

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Mauricie/Culturesintercalairesylvopastoralisme.pdf>

Guyane usages de l'arbre et de la biomasse en agroforesterie. Novembre 2013

<http://www.sima-pecat.org/projets/files/Rapport-2-usage-arbre-SAF.pdf>

Agroforesterie – climat tropical sec

http://doc-developpement-durable.org/documents-agronomiques/Agroforesterie_Climat-tropical-sec.pdf

ou

http://permatronc.ressources-permaculture.fr/Ajoute-des-fichiers-ici/PRESENTATION_Agroforesterie-Climat-tropical-sec_de-Benjamin-Lisan.pdf

Pratiques agroécologiques et agroforestières en zone tropicale humide

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf ;

<http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-agroecology-en-pdf.pdf>

Manuel de foresterie villageoise

http://area.burkina.free.fr/docs/manu_forest_villa/manuel_de_foresterie_villageoise.pdf

Organic Citrus: Challenges in Production and Trade

<http://orgprints.org/8124/1/kilcher-2005-OrganicCitrus.pdf>

Farming trees, banishing hunger How an agroforestry programme is helping smallholders in Malawi to grow more food and improve their livelihoods

<http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B15589.pdf>

Imperata grassland rehabilitation using agroforestry and assisted natural regeneration

http://www.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/Book%2082/imperata%20grassland/html/4.8_mutlistory.htm?n=27

Forestry Administration/Cambodia Tree Seed Project/DANIDA, 2005 Guidelines for Site Selection and Tree Planting in Cambodia. Part 8 Agro-forestry systems

<http://www.treeseedfa.org/doc/SiteSelectionEnglish/PartII8.pdf>

Example Agroforestry Systems

https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/301_Agroforestry.pdf

Shade trees

<https://bangor.cloud.panopto.eu/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=ff6b720f-b532-4106-bdb3-5230c0be5875>

*Sustainable horticultural crop production through intercropping :
The case of fruits and vegetable crops : A review*

<https://pdfs.semanticscholar.org/a816/f061c42fa495adf48ed1595ccaa799dd8905.pdf>

*Gabriele Stoll- Natural Crop Protection in the Tropics -
Letting Information Come to Life*

<http://www.naturalcropprotection.margraf-verlag.de/intercr.htm>

*Intercropping OISAT - Online Information Service for Non-Chemical Pest
Management in the Tropics*

http://www.oisat.org/control_methods/cultural__practices/intercropping.html

DOCUMENTS SUR L'AGROÉCOLOGIE ET LES TECHNIQUES DE CONSERVATION DES SOLS

Fiche N°14

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

Paillage Fiche 11

<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

L'agroécologie en pratique

www.agrisud.org/wp-content/uploads/2013/05/Guide_Francais.pdf

Stylosanthes guyanensis

<http://www.ecocongo.cd/fr/document/le-stylo-plante-revolutionnaire-pour-lagriculteur-congolais> et <http://www.supagro.fr/ress-pepites/ingenierieprobleme/res/Stylosanthes.pdf>

Couverture organique du sol

<http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/fr/>

L'agriculture de conservation, qu'est-ce que c'est ?

<http://www.inra.fr/Grand-public/Agriculture-durable/Tous-les-magazines/Agriculture-de-conservation>

*African Organic Agriculture Manual Booklet Series - No. 4 | Soil organic matter
management – How do I improve the soil organic matter ?*

https://sriwestafrica.files.wordpress.com/2014/05/africa_booklet_4-low-res.pdf

*Cover Crop Handbook: A Guide to Using Buckwheat, Sunn Hemp,
and Oats as Cover Crops in Hawai*

http://oahurcd.org/wp-content/uploads/2013/08/Cover-Crop-Handbook-Final_Oct-2011.pdf

Les transferts de fertilités, une solution à la baisse de fertilité des sols agricoles en régions tropicales ? Étude de faisabilité d'un projet de compostage en République du Congo

<http://www.ingenieursbelges.be/doc/art2/Transfertsdefertilite.pdf>

Raisonner sa fertilisation en maraichage biologique

https://www.sud-et-bio.com/sites/default/files/Fiche_Technique_Raisonner%20sa%20fertilisation%20en%20maraichage%20bio_2016.pdf

MaraîBio

<http://www.maraibio.fr/pages/membres/ressources/vie-du-sol-agronomie/fertilisation-11.html>

La fertilisation en maraichage biologique

http://www.laboress-afrique.org/ressources/assets/docP/Document_N0307.pdf

Les amendements organiques : fumiers et composts

https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/MARAI_Chapitre_12Amendements.pdf

Gestion des intrants - Fiche technique 7 dans

<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

Soil organic matter

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-organic-matter>

DOCUMENTS SUR LA ROTATION

La rotation en maraichage

www.maraibio.fr/medias/files/rotation-maraichage.pdf

Comment pratiquer la rotation des cultures au potager ?

<http://www.ecoconso.be/fr/content/comment-pratiquer-la-rotation-des-cultures-au-potager>

Cultivons autrement : exemples locaux de techniques agro-écologiques - Fiche N° 12

https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

Rotations in vegetable production

<https://www.gardenorganic.org.uk/sites/www.gardenorganic.org.uk/files/resources/international/RotationsinVegetableProduction.pdf>

Anderson, R.L. 2005. *Are some crops synergistic to following crops?* Agron. J. 97:7-10
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300979482>

Crop Rotation for Growing Vegetables

<https://www.growveg.com/guides/crop-rotation-for-growing-vegetables/>

DOCUMENTS SUR LES CULTURES DÉROBÉES

Bien choisir sa culture dérobée

http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/OPTABIOM_Bien_choisir_ses_cultures_d%C3%A9rob%C3%A9es.pdf

Diversification des cultures, sortez des sentiers battus

<https://agriculture-de-conservation.com/Diversification-des-cultures.html>

Planter des cultures dérobées ou double-cultures

http://agropeps.clermont.cemagref.fr/mw/index.php/Planter_des_cultures_d%C3%A9rob%C3%A9es_ou_double-cultures

Catch crops

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/catch-crop>

DOCUMENTS SUR LES ESPÈCES ET VARIÉTÉS PATRIMONIALES LOCALES

Italian Grows Forgotten Fruit. What She Preserves Is a Culture

<https://www.nytimes.com/2016/09/12/world/europe/italian-grows-forgotten-fruit-what-she-preserves-is-a-culture.html>

Growing and conservation of traditional apple varieties in Italy

http://www.valledelgiovenco.it/antiche_varieta,8,137.html

Association Kokopelli

<https://kokopelli-semences.fr/> ;

<http://blog.kokopelli-semences.fr/category/environnement-biodiversite/>

BEDE (Biodiversité : Échanges et Diffusion d'Expériences)

<https://www.bede-asso.org/>

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES HAIES

Augmenter le potentiel d'un champ cultivé en installant une haie vive antiérosive
<http://www.gtdesertification.org/Publications/Augmenter-le-potentiel-d-un-champ-cultive-en-installant-une-haie-vive-antierosive>

Les haies vives au Sahel État des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement
<http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/op14457.pdf>

Rubrique technologique du jardinage 11 : Les haies vives protéger et produire
<http://www.fao.org/docrep/005/x3996f/x3996f10.htm>

Guide PST pour l'établissement et l'aménagement de haies vives
http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABJ447.pdf

*WHY ARE HEDGES IMPORTANT? -
 YOUNG PEOPLE'S TRUST FOR THE ENVIRONMENT*
<https://ypte.org.uk/factsheets/hedges/why-are-hedges-important>

*The benefits of hedgerows and trees for agriculture,
 IBERS, Aberystwyth University.*
<https://businesswales.gov.wales/farmingconnect/news-and-events/technical-articles/benefits-hedgerows-and-trees-agriculture>

Rôle des Acacias dans le développement rural au Burkina Faso et au Niger, Afrique de l'Ouest
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/010012402.pdf

Bosquets, boqueteaux et buisson
http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/IBIS_Guide%20am%C3%A9nagements-Bosquets.pdf

Gestion Durable des Forêts (GDF) Boîte à outils.
 Restauration et remise en état des forêts
<http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-restoration/basic-knowledge/fr/>

Guide des plantes pesticides. Optimisation des plantes pesticides : technologie, Innovation, sensibilisation & réseaux
<https://www.kew.org/sites/default/files/Pesticidal%20plants%20-%20handbook%20-%20French.pdf> ;

Tephrosia vogelii. World Agroforestry Centre (ICRAF)
<https://static1.squarespace.com/static/52f220cbe4b0ee0635aa9aac/t/53d8f8d6e4b03775e0dd5a17/1406728406049/tephrosia+vogelii.pdf>

Using the wild sunflower, Tithonia, in Kenya for soil fertility and crop yield improvement
<http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN26886.pdf>

Tithonia diversifolia. CABI
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/54020>

Plus d'info sur les haies de protection ou défensives :

Comment choisir son espèce et sa technique pour obtenir une haie vive défensive efficace
http://pmb.sicac.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=946

Fiche technique sur la mise en place d'une haie vive défensive
<http://www.tinga-neere.org/La-haie-vive.html>

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES MARES

Étangs et mares, de la nature au jardin
<https://www.amisdelaterre.be/IMG/pdf/mares.pdf>

Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales
<http://books.openedition.org/irdeditions/8498>

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES BANDES ENHERBÉES

Protection des zones riveraines (vidéo)
<https://www.accessagriculture.org/fr/protection-des-zones-riveraines>

Augmenter le potentiel d'un champ cultivé en installant des bandes enherbées
<http://www.gtdesertification.org/Publications/Augmenter-le-potentiel-d-un-champ-cultive-en-installant-des-bandes-enherbees>

Diwo Allain S., Rougon D., Lemesle B., Viaux P., 2003, Fiche « Carabes : auxiliaires des cultures et indicateurs de la biodiversité d'un milieu », CRITT Innophyt
<https://www.animateur-nature.com/Sites/pdf/fiche-critt-carabes.pdf>

Buffer Strips: Common Sense Conservation
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/home/?cid=nrcs143_023568

Aménager et dimensionner une bande enherbée ou boisée

<http://zonestampons.onema.fr/comment-mettre-en-place-une-zone-tampon/elements-et-outils-d-aide-la-mise-en-place/aspects-reglementaires>

Les bandes enherbées

<http://www.agrienvironnement.org/pdf/f9.pdf>

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES ZONES NON TRAITÉES (BANDES TAMPON)

Bandes enherbées en courbe de niveau. Fiche technique N° 15

http://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-pratique-agroecologie_pdf.pdf

Zones tampons. Intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants pour la prévention des pollutions diffuses agricoles

<http://zonestampons.onema.fr/>

Les zones tampons

<http://www.irstea.fr/les-zones-tampons>

L'implantation de zones tampons en milieu agricole. Fiche technique

https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Fiche%20Zones%20Tampons_V20130916_WEB.pdf

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES PPP

Source <http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

Désherbage mécanique. Fiche technique 4.

Faux-semis. Fiche technique fiche 5.

Optimisation des applications phytosanitaires. Fiche 10.

Substitution chimique. Fiche 19.

Surveillance des bioagresseurs Fiche 20

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES MICROBES DU SOL ET MYCORHIZES

Les microbes du sol nourrissent les plantes.

Comment optimiser la microflore du sol ?

<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Agroecologie/Toutes-les-actualites/Regards-d-expert-Comment-optimiser-la-microflore-du-sol>

Les mycorhizes, partenaires des associations symbiotiques fixatrices d'azote

<http://agritrop.cirad.fr/535966/>

International Congress on Mycorrhizae: mycorrhizal symbiosis a key factor for improving plant productivity and ecosystems restoration

https://www.researchgate.net/publication/274086689_International_Congress_on_Mycorrhizae_mycorrhizal_symbiosis_a_key_factor_for_improving_plant_productivity_and_ecosystems_restoration

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR L'AMÉNAGEMENT DES BANDES FLEURIES

Les espèces florales à source de pollen et nectar

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/20122/hypp-Les-especes-florales-a-source-de-pollen-et-nectar>

Tableau des plantes utiles

<http://biofetia.pf/wp-content/uploads/2017/09/tableau-plantes-utiles-07022014.pdf>

Une aide financière pour vos bandes fleuries

<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/avril2015/Pages/fleur.aspx>

Avantages et inconvénients des bandes fleuries pour les agriculteurs (synthèse bibliographique). Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement

<https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=12961>

Find pollinator attractive plants

<https://protectingbees.njaes.rutgers.edu/find-plants/>

Identification des plantes mellifères de la zone agroforestière de l'école supérieure agronomique de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)

<https://eujournal.org/index.php/esj/article/download/4472/4299>

Quelques plantes mellifères de la province du Kongo-Central, République Démocratique du Congo

https://www.researchgate.net/profile/Paul_Latham2/publication/312385021_Quelques_plantes_melliferes_de_la_province_du_Kongo-Central_Republique_Democratique_du_Congo/links/587d037f08ae9275d4e73463/Quelques-plantes-melliferes-de-la-province-du-Kongo-Central-Republique-Democratique-du-Congo.pdf

Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun

<http://www.tropicultura.org/text/v22n3/139.pdf>.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUR LES PLANTES PÉRENNES

Gestion des enherbements pérennes non concurrentiels - Fiche technique 6 dans
<http://agritrop.cirad.fr/578300/1/Guide+tropical+TBD+new.pdf>

Fiche n° 1 : Les plantes de couverture sous verger dans

https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/CultivonsAutrementExemplesLocauxDeTechni_fichier_ressource_livret_biosavane56p_web.pdf

Cover crops for orchards in Hawaii

<https://core.ac.uk/download/pdf/5096289.pdf>

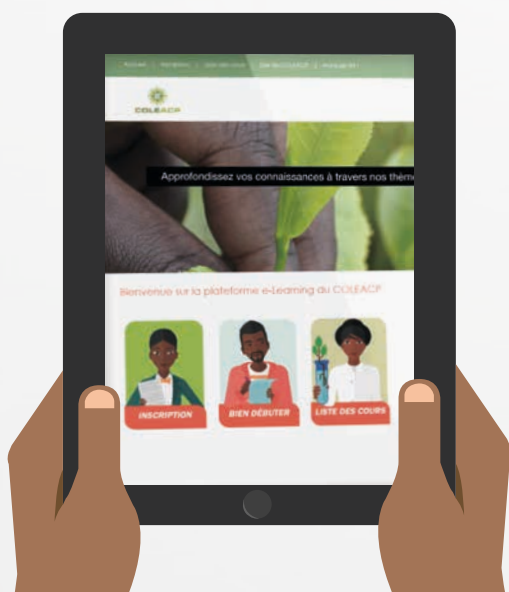
Enherbement des cultures pérennes

<http://www.ecophytopic.fr/tr/pr%C3%A9vention-prophylaxie/techniques-culturales/enherbement-des-cultures-p%C3%A9rennes>

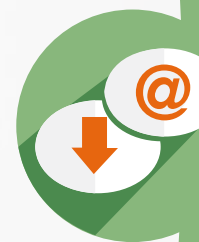
PLATEFORME E-LEARNING DU COLEACP

RECEVEZ VOTRE ACCÈS À NOTRE PLATEFORME DE FORMATION À DISTANCE RÉSERVÉE AUX ACTEURS DU SECTEUR AGRICOLE DANS LES PAYS D'AFRIQUE, DES CARAÏBES ET DU PACIFIQUE.

TESTEZ ET AMÉLIOREZ VOS CONNAISSANCES À VOTRE RYTHME !



<https://training.coleacp.org>



PRODUCTION ET COMMERCE
DURABLES

SANTÉ DES PLANTES

SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

PRODUCTION AGRICOLE
ET TRANSFORMATION

RESPECT DE LA PERSONNE
ET DÉVELOPPEMENT
PROFESSIONNEL

**GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT**

GESTION ET DÉVELOPPEMENT
DES ORGANISATIONS

MÉTHODOLOGIES
DE FORMATION

OCTOBRE 2021

